

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Кафедра Электрические сети и электротехника

III МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование эффективности применения гибких систем управления для повышения устойчивости энергосистемы Киргизии

УДК 621.311.016.35(575.2)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Г	Самарбеков Бекжанар самарбекович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры электрических сетей и электротехники	Хрущев Юрий Васильевич	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Сергейчик Сергей Иванович	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Дашковский Анатолий Григорьевич	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электрические сети и электротехника	Прохоров Антон Викторович	К.Т.Н., доцент		

Томск – 2017 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Энергетический
Направление подготовки – 13.04.02 – «Электроэнергетика и электротехника»
Уровень образования – Магистратура
Кафедра – Электрические сети и электротехника
Период выполнения – осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация
(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.12.17	Обзор литературы	15
11.03.17	Сбор исходных данных	5
30.10.17	Построение модели ЭЭС Киргизии в ПК «RastrWin»	20
30.03.17	Контрольные расчеты, вывод по работе	5
01.05.17	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
03.05.17	Социальная ответственность	20
25.05.17	Заключение	5
28.05.17	Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке	10
итого		100

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭСиЭ	Хрущев Юрий Васильевич	Д.Т.Н		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭСиЭ	Прохоров Антон Викторович.	К.Т.Н.		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Энергетический

Направление подготовки (специальность) 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Кафедра Электрические сети и электротехника

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой ЭСиЭ

_____Прохоров А.В.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
5AM5Г	Самарбекову Бекжанару Самарбековичу

Тема работы:

Исследование эффективности применения гибких систем управления для повышения устойчивости энергосистемы Киргизии	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	08.02.2017, №685/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Электрическая схема энергосистемы Киргизии; Перечень оборудования энергосистемы; данные контрольных замеров
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Обзор литературы;2. Цифровое моделирование энергосистемы;3. Анализ статической устойчивости энергосистемы;4. Мероприятия по повышению статической устойчивости энергосистемы ;5. Сравнительный анализ методов;

	6. Заключение.
Перечень графического материала	Презентация в Power Point; Электрическая схема ЭС Киргизии;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сергейчик Сергей Иванович.
Социальная ответственность	Дашковский Анатолий Григорьевич.
Приложение (английская часть)	Лемская Валерия Михайловна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Introduction	
1. General characteristics of the energy system of Kyrgyzstan	
1.1. Structural construction of the Kyrgyzstan system	
1.2. the problem and prospect of development of power system	
1.3. FACTS-technology. Influence on power system	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭСиЭ	Хрущев Юрий Васильевич	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Г	Самарбеков Бекжанар Самарбекович		

Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
Универсальные компетенции	
P1	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.
P2	Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.
P3	Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.
P4	Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.
Профессиональные компетенции	
P5	Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.
P6	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.
P7	Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.
P8	Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.
P9	Проводить технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	технологического процесса.
P10	Проводить монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	Осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группы	ФИО
5AM5Г	Самарбекову Бекжанару Самарбековичу.

Институт	ЭНИН	Кафедра	Электрические сети и электротехника
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску; оклады соответствуют окладам сотрудников НИ ТПУ; в исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	ГОСТ 14.322-83 Нормирование расхода материала. Основные положения
Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления в социальные нужды – 30%; накладные расходы – 10%; налог – 18%; ставка дисконтирования – 13%
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ
2. Разработка устава научно-технического проекта	Исследование выполнено в рамках выпускной квалификационной работы, разработка устава не требуется
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Структура, организация и график проведения этапов НИР
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Определение экономической эффективности, научно-технического уровня исследования
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. Диаграмма Ганта	
2. Графики изменения чистого дисконтированного дохода по годам расчетного периода	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Сергейчик Сергей Иванович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Г	Самарбеков Бекжанар Самарбекович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группы	ФИО
5AM5Г	Самарбекову Бекжанару Самарбековичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭСиЭ
Уровень образования	магистр	Направление/специальность	13.04.02 электроэнергетика и электротехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: Учебная аудитория – 258, содержащей вычислительных машин
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности	<ul style="list-style-type: none"> – Освещенность; – Шум; – Микроклимат; – Электромагнитное поле;
1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности	<ul style="list-style-type: none"> – Электробезопасность
2. Экологическая безопасность:	<ul style="list-style-type: none"> – разработка решений по обеспечению экологической безопасности
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Выбор и описание возможных ЧС; <ul style="list-style-type: none"> – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: –	<ul style="list-style-type: none"> – специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны оператора по обеспечению безопасности и условий труда гражданам

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Дашковский Анатолий Григорьевич	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Г	Самарбеков Бекжанар Самарбекович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 116 с., 30 рисунков, 17 таблиц, 33 источников, 6 приложений формата А4

Ключевые слова: Гибкие системы управления (FACTS-технологии) устойчивость энергосистемы, утяжеление, управляемые шунтирующие реакторы, батареи статических компенсаторов.

Объектом исследования является энергосистема Киргизии

Цель работы – Исследование эффективности применения гибких систем управления для увеличения статической устойчивости энергосистемы

В процессе исследования проводилась исследовательская работа по эффективности применения гибких систем управления на статическую устойчивость энергосистемы

В результате исследования производилась цифровое моделирование энергосистемы Киргизии в ПК «RastrWin»; анализ статической устойчивости энергосистемы; выбор мероприятий для повышения запаса статической устойчивости и сравнительный анализ рассматриваемых методов

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 и представлена на диске DVD (в конверте на обороте обложки).

Оглавление

Введение.....	12
1. Общая характеристика энергосистемы Кыргызстана.....	14
1.1. Структурное построение энергосистемы Кыргызстана	16
1.2. Проблема и перспектива развития энергосистемы	18
1.3. FACTS технология. Влияние на энергосистему	21
Вывод по первому разделу:.....	27
2. Цифровое моделирование энергосистемы	28
2.1. Программный комплекс для моделирования.....	28
2.2. Моделирование и анализ нормального режима	31
Вывод по второму разделу	34
3. Анализ статической устойчивости энергосистемы Киргизии.....	35
3.1. Утяжеление энергосистемы со стороны дефицитной зоны	37
3.2. Утяжеление энергосистемы со стороны избыточной зоны.....	39
3.3. Утяжеление энергосистемы со стороны дефицитной зоны в послеаварийном режиме.....	42
Вывод по третьему разделу	43
4. Мероприятия по повышению статической устойчивости энергосистемы 44	
4.1. Применение БСК в качестве мероприятия по повышению статической устойчивости.....	44
4.1.2. Моделирование БСК в программе RastrWin.....	44
4.2. Применение УШР в качестве мероприятия по повышению статической устойчивости.....	48
4.2.1. Моделирование УШР в программе RastrWin	50
4.3. Сравнение средств обеспечения статической устойчивости	54
Вывод по четвертому разделу.....	56
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	57
5.1. Инициализация проекта и его потенциальные потребители	57
5.2. Организация и планирование НТП	57
4.3. SWOT – анализ.....	59
5.4. Инициация проекта.....	60
5.5. Бюджет научного исследования.....	66
5.6. Смета затрат на закупку установки	71
5.6.1. Анализ экономической эффективности применения УШР	71

Заключение по пятому разделу.....	76
6. Социальная ответственность	77
6.1. Техногенная безопасность	77
6.2. Освещение	78
6.3. Шум.....	83
6.4. Микроклимат.....	84
6.5. Электромагнитное поле	86
6.6. Электробезопасность.....	87
6.7. Экологическая безопасность работы.....	88
6.8. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Пожарная безопасность	89
6.9. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	93
Заключение шестому по разделу	97
Заключение	98
Список литературы	99
Приложение А	103
Study of the effectiveness of the implementation of the flexible control systems to improve the sustainability of the energy system of Kyrgyzstan.....	103
Introduction	104
1. General characteristics of the energy system of Kyrgyzstan	105
1.1. Structural construction of the Kyrgyzstan system	107
1.2. the problem and prospect of development of power system	110
1.3. FACTS-technology. Influence on power system.....	112

Введение

Во все времена задача обеспечения устойчивости энергосистемы являлась актуальной темой и в зависимости от специфики энергосистемы, зависящие от построения сложности энергосистемы, от характера потребления и выработки электроэнергии возможны различные варианты по обеспечению достаточной устойчивости энергосистемы, приводящие, тем самым повышению надежности энергосистемы в различных режимах присущих энергосистеме.

Под устойчивостью энергосистемы стоит понимать способность поддерживать параллельную работу в энергосистеме синхронных двигателей генераторов в случаях больших и малых возмущений, которые происходят по причине аварийных или ремонтных переключений, возникновением коротких замыканий в энергосистеме.

Способность энергосистемы возвращаться в исходное состояние, или близкое к исходному состоянию после малых возмущений называют статической устойчивостью энергосистемы. Способность энергосистемы обеспечивать устойчивость при больших колебаниях называют динамической устойчивостью. [1]

В энергосистеме Киргизии по данным пресс-службы «НЭС Кыргызстан» наблюдается рост потребления мощностей, по республике приведшие к ситуации перегруженности силовых элементов: ЛЭП 220, 110 кВ; силовых трансформаторов до 20% на подстанциях севера Киргизии, снижение уровня напряжения до значения аварийных значений.

На сегодняшний момент поддержание уровня напряжения в ПС Бишкек ТЭЦ путем регулирования РПН трансформаторов уже исчерпана. исчерпана так же поддержание устойчивости энергосистемы в случае дальнейшего роста потребления мощностей путем схемно-режимного изменения. [2]

Целью диссертационной работы является исследование эффективности применения Гибких систем управления для повышения устойчивости энергосистемы Киргизии. Под пониманием повышения устойчивости будем принимать исследование увеличения статической устойчивости энергосистемы.

Гибкие системы электропередачи переменного тока (FACTS- Flexible AC Transmission Systems) – это силовая электронная система и сопутствующее оборудование способное управлять одним или несколькими параметрами линии электропередачи с целью увеличения ее управляемости, надежности и пропускной способности. Основная задача технологии FACTS заключается в обеспечении научно – технического прорыва в электроэнергетике с целью улучшения управления потоками мощности в сети как в установившихся, так и в переходных режимах ЭЭС. [3]

1. Общая характеристика энергосистемы Кыргызстана

Кыргызстан расположен в пределах горной гряды Тянь-Шаня и Памиро-Алая, которая занимает более 80% территории страны. Большая часть территории страны находится в зоне умеренного климата, и только ее южные районы расположены в зоне субтропиков. Климат континентальный, с относительно низким уровнем осадков, а также с широкими колебаниями температуры в течение всего года. С севера граничит с Казахстаном, на западе – с Узбекистаном, юго-западе – с Таджикистаном, на востоке и юго-востоке – с Китаем. Более $\frac{3}{4}$ территории республики составляют горы. [4]

Кыргызская Республика относится к числу государств, обеспеченных энергетическими ресурсами, но является импортером нефти, газа и части угля. Потенциал гидроэнергетических ресурсов, составляет от 140 до 160 млрд. кВтч в год и является основой гидроэнергетики. По запасам воды Кыргызстан находится на третьем месте в Азии после России и Таджикистана. На самой многоводной реке в республике – реке Нарын построен уникальный каскад гидроэлектростанций во главе с флагманом кыргызской энергетики - Токтогульской ГЭС, мощность которого составляет 1200 МВт. В настоящее время гидроэнергетический потенциал страны освоен только на 10%. [5]

В республике эксплуатируется 18 электрических станций установленной мощностью 3786 мВт, включая 16 гидроэлектростанций и 2 тепловые электростанции. Эксплуатируются более 10 тыс. км высоковольтных линий электропередачи напряжением 35 - 500 кВ проходящая по высокогорной местности с тяжёлым климатом на высоте до 200 м над уровнем моря. Более 70 тыс. км распределительных сетей 10 – 0,4 кВ, 518 единиц подстанций 35 кВ и выше. максимальная возможность ежегодной выработки электроэнергии достигает до 14 млрд. кВтч.

Энергосистема Кыргызстана является составной частью объединенной энергосистемы Средней Азии, интегрированной с электросетями

Таджикистана, Узбекистана, Туркменистана и Южного Казахстана. Имеет возможность экспортировать электроэнергию в соседние страны с перспективой до 3,0 млрд. кВтч по магистральным сетям 220-500 кВ.

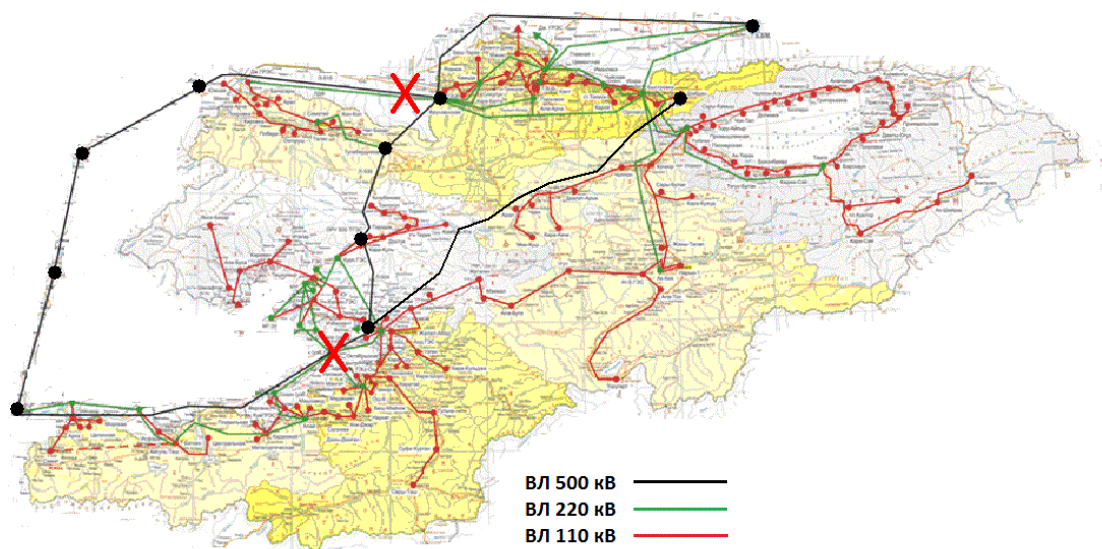


Рисунок 1. - Карта энергосистемы Кыргызстана.

Через магистральные сети Казахстана имеется выход на энергосистему Российской Федерации.

Особенностью Кыргызской энергосистемы является то, что более 90% генерирующей мощности находится на Юге Республики, а 70% потребления – на Севере. Передача мощности на Север Республики осуществляется по линиям электропередачи 500 кВ Токтогульская ГЭС- ПС Фрунзенская и ПС Датка- ПС Кемин.

Юг включает - Жалал-Абадскую, Ошскую и Баткенскую области и является избыточной. Выдача мощности крупных ГЭС Юга Кыргызской Республики- Токтогульская ГЭС, Курп-Сайская ГЭС, Таш-Кумырская ГЭС, Шамалды-Сайская ГЭС.

Север включает - Чуйскую, Таласскую, Нарынскую и Ыссык-Кульскую области и является дефицитной. Покрытие дефицитов Севера

осуществляется от собственных станций – Ат-башинская ГЭС, ТЭЦ г.Бишкек и получением мощности из Южной зоны Казахстана по сетям 500-220кВ. [6]



Рисунок 1.2. - Места расположения ГЭС Кыргызстана.

1.1. Структурное построение энергосистемы Кыргызстана

Электроэнергетические предприятия Кыргызской Республики разделены по видам деятельности:

- Производство электрической энергии, в основном, осуществляется крупнейшей компанией - ОАО «Электрические станции». В компанию входят 7-ГЭС (Токтогульская, Курпсайская, Таш-Кумырская, Шамалды-Сайская, Уч-Курганская и Ат –Башинская ГЭС) расположенных в реке Нарын и образующих 4 каскада ГЭС, суммарной установленной мощностью 3030 мВт., 2-ТЭЦ (Бишкекская и Ошская ТЭЦ), установленной мощностью 716 мВт. расположенных в городах Бишкек и Ош. Ежегодно компания занимается выработкой от 12 до 14 млрд. кВт*ч электроэнергии для внутренних и зарубежных потребителей. Общая генерируемая мощность в целом по республике приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Генерирующие мощности Кыргызстана

Наименование	Год ввода	Установленная мощность, МВт	Располагаемая мощность, МВт
Токтогульская ГЭС	1975	1200	1200
Курпсайская ГЭС	1981	800	800
Таш-Кумырская ГЭС	1985	450	450
Шамалды-Сайская ГЭС	1994	240	240
Учкурганская ГЭС	1961	180	175
Камбарата ГЭС-2	2010	120	90
ТЭЦ г.Ош	1966	50	0
Итого по Югу		3040	2955
ТЭЦ г.Бишкек	1961	666	250
Ат-Башинская ГЭС	1970	40	38
Малые ГЭС-12 шт.	1940-1960	40	24,4
Итого по Северу		746	312,4
Итого		3786	3268

- Передача электрической энергии осуществляется компанией ОАО «Национальная электрическая сеть Кыргызстана» (далее - ОАО «НЭС Кыргызстана») в направлении Юг и Север по высоковольтным магистральным сетям 110-500 кВ трасса которого проходит по труднодоступным горным участкам со сложными климатическими условиями на высотах от 500 до 2000 метров над уровнем моря на расстояние общей протяженностью более 6,646 тыс.км.

Таблица 1.2. - Имущественный комплекс ОАО «НЭС Кыргызстана»

№ п/п	Наименование показателей	Ед.изм.	Всего по ОАО "НЭС Кыргызстана"
1	Количество и мощность подстанций 110-500 кВ, в том числе:	шт/МВА	191/8915
	500 кВ	шт/МВА	2/1829
	220 кВ	шт/МВА	14/2943
	110 кВ	шт/МВА	175/2953
2	Автотрансформаторы	шт	27
	500 кВ	шт	3
	220 кВ	шт	24
3	Протяженность ЛЭП 110-500 кВ, в том числе	км	6646
	500 кВ	км	541
	220 кВ	км	1748
	110 кВ	км	4357
4	Потребление Зима(мах) / Лето(мах)	МВт	2900/1260
5	Установленная мощность станций	МВт	3626
6	Реакторы	шт/МВАр	3/540
7	СК	шт/МВАр	3/62
8	БСК	шт/МВАр	29/189

- Функции распределения электрической энергии по сетям 35 кВ и ниже до конечного потребителя выполняют четыре региональные электrorаспределительные компании: 1) ОАО «Северэлектро», 2) ОАО «Востокэлектро», 3) ОАО «Ошэлектро» и ОАО «Джалалабадэлектро». В основное имущество четырех распределительных компаний входят распределительные сети 0,4-6-10 кВ с линиями протяженностью 50700 км и подстанции 6-10/0,4 кВ в количестве 23 689 единиц. [6]

1.2. Проблема и перспектива развития энергосистемы

С обретением независимости в Кыргызской республике наблюдается изменения потребления мощности. Основные потребители электроэнергии сменились с промышленности и сельскохозяйственного секторах на коммунально-бытовые, социально-культурные и непромышленные сектора потребителей. В следствие особенности выработки электроэнергии в

республике гидроэлектростанциями, что подразумевает собой низкий тариф на электроэнергию, выросло потребление электроэнергии населением на отопление в осенне-зимние периоды из-за относительной дешевизны варианта отопления электроэнергией по сравнению с альтернативами (уголь, мазут и газ). Вследствие маловодного периода снизился экспорт электроэнергии в соседние страны и возникли трудности в обеспечении потребителей электроэнергией, приведшие в 2008-2009 гг. к принудительному ограничению электроснабжения предприятий и населения.

По сообщениям пресс-службы «НЭС Кыргызстан», по энергоузлу города Бишкек потребление мощности увеличилось при разрешенной 580 МВт, до значения в 740 МВт. Перебор мощности на 50 МВт систематически происходит и по Иссык-Кульской области.

Сложная ситуация складывается в сетях 220/110 кВ, участвующих в электроснабжении города Бишкек. Наблюдается перегруз силовых трансформаторов от 8 до 20 % на 9 подстанциях и на ТЭЦ г.Бишкек, а также снижение уровня напряжения до аварийного значения. Подобная ситуация с перегрузками трансформаторов складывается и на Юге страны.

В настоящее время возможности снятия перегрузов с вышеуказанных объектов путем схемных изменений в сети уже исчерпаны. При непринятии необходимых мер по увеличению пропускной способности энергосистемы возможны возникновение аварийных ситуаций с выходом из устойчивости энергосистемы.

Данные «НЭС Кыргызстан» за потребление по республике за 2009-2015 годы приведены в таблице 13.

Таблица 1.3. – Динамика потребления мощности в 2009-2015 гг.

Годы	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Потребление по республике, МВт	2324	2533	2936	3035	3004	3139	2893
север, МВт	1465	1663	1881	1977	1958	2045	1949
Юг, МВт	859	870	1055	1058	1046	1094	944

При переводе цифр данной таблицы в графику:

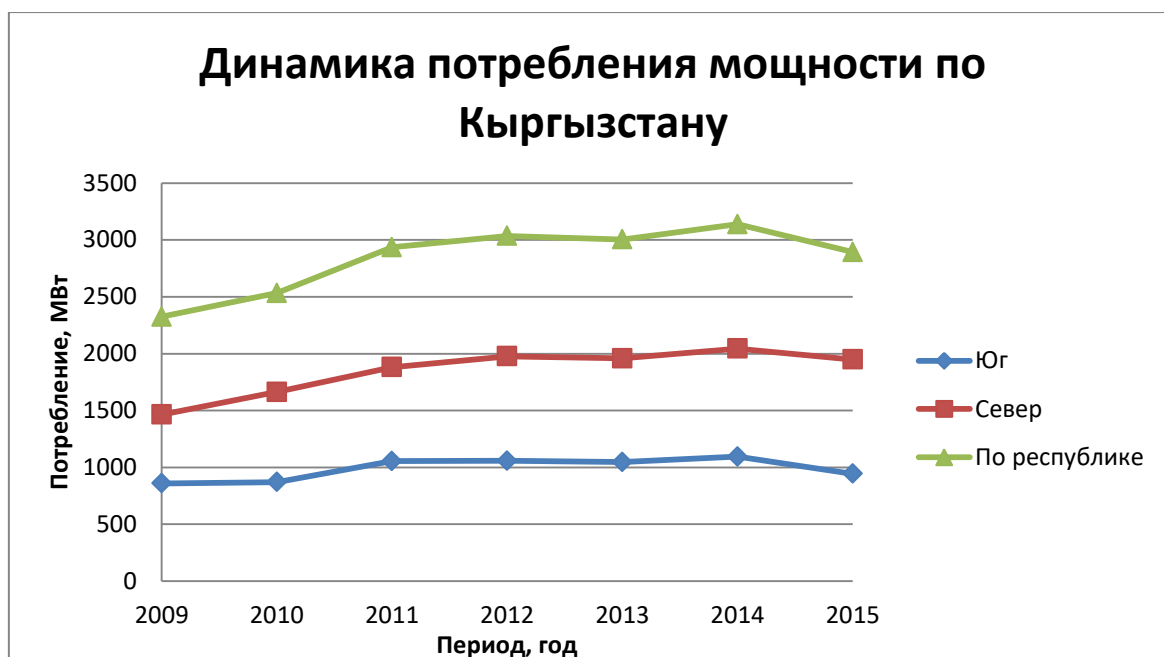


Рисунок 1.3. - Потребление электроэнергии в 2009 -2015 гг.

В 2014 году потребление электроэнергии в Кыргызстане превзошло объемы генерации, и республика перешла в разряд энергодефицитных стран.

Для решения возникших проблем и дальнейшего развития энергетики Кыргызстана предпринимаются следующие меры:

- 1) Модернизация Токтогульской ГЭС в ходе которого общая мощность выдаваемой мощности повысится с 1200 МВт до 1440 МВт;
- 2) Модернизация Бишкек ТЭЦ с увеличением вырабатываемой мощности с 512 МВт до 812 МВт;

- 3) Завершение строительства Камбаратинской ГЭС-2, которая будет вырабатывать мощность в 360 МВт;
- 4) Продвижение проекта CASA-1000 в котором энергосистема Кыргызстана станет частью единой энергосистемы и иметь возможность экспорта электроэнергии в такие страны как Таджикистан, Афганистан, Индия, Пакистан.

Ввод новых мощностей и модернизация структуры электроэнергетики Кыргызстана позволит решить действующие проблемы нехватки мощности в энергосистеме, повысит надежность и качество электроэнергии в целом по стране. Избыточная выработанная мощность будет экспортироваться в соседние государства.

Также не оставим без внимания использования новых технологий для увеличения характеристик энергосистемы в целом. В качестве таких технологий в ВКР применим исследование гибких систем управления (FACTS - технологии) и их влияние на устойчивость энергосистемы Кыргызстана, которое будем рассматривать в следующих главах.

1.3. FACTS технология. Влияние на энергосистему

Гибкие системы электропередачи переменного тока (FACTS- Flexible AC Transmission Systems) – это силовая электронная система и сопутствующее оборудование способное управлять одним или несколькими параметрами линии электропередачи с целью увеличения ее управляемости, надежности и пропускной способности.[3]

Основная задача технологии FACTS заключается в улучшении управления потоками мощности в энергосистеме и представляет собой научно – технический прорыв в электроэнергетике.

Устройства FACTS позволяют:

- Обеспечивать пропускную способность электропередач вплоть до допустимого теплового предела по нагреву проводов линий электропередач;
- Обеспечить принудительное распределение мощности в сложной неоднородной сети в соответствии с требованиями диспетчера;
- Снизить потери в электрических сетях;
- Обеспечить устойчивую работу энергосистемы при различных возмущениях;
- Повысить надежность энергосбережения потребителей.

В настоящее время в России принят перечень терминов и понятий по технологии и устройствам FACTS и определено их соответствие зарубежной терминологии. Наименования устройств и их аббревиатурные обозначения на английском и русском языках приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4.- Наименования и аббревиатуры FAST устройств.

Наименование (русский)	Аббревиатура (русский)	Наименование (английский)	Аббревиатура (английский)
Статический тиристорный компенсатор реактивной мощности	СТК	Static VAR Compensator	SVC
Тиристорно-реакторная группа (управляемые тиристорами реакторы)	ТРГ	Thyristor controlled reactor	TCR
Реакторы, переключаемые тиристорами	ТКР	Thyristor switched reactor	TSR
Статический компенсатор реактивной мощности на базе преобразователя напряжения	СТАТКОМ	Synchronous static compensator	STATCOM
Управляемый шунтирующий реактор с подмагничиванием	УШР	Magnetically controlled shunt reactor	MCSR
Реакторные группы, коммутируемые выключателями	КРГ (ВРГ)	Circuit Breaker switched reactor	BSR
Асинхронизированный синхронный компенсатор	АСК	Asynchronized synchronous condenser	ASC
Неуправляемое устройство продольной компенсации	УПК	Series capacitor	SC
Плавно регулируемое тиристорное устройство последовательной компенсации (при этом тиристоры регулируют ток через реакторы, включенные параллельно конденсаторам)	УУПК	Thyristor controlled series capacitor	TCSC
Ступенчато-регулируемое тиристорами устройство последовательной компенсации с конденсаторами	ТППК	Thyristor Switched Series Capacitor	TSSC
Устройство последовательной	ТПРР	Thyristor	TCSR

Наименование (русский)	Аббревиатура (русский)	Наименование (английский)	Аббревиатура (английский)
компенсации на основе тиристорно-реакторной группы		controlled series reactor	
Последовательный статический компенсатор реактивной мощности на базе преобразователя напряжения	ПСТАТКОМ	Static Series Synchronous Compensator	SSSC
Объединенный (параллельно-последовательный) регулятор потоков мощности	ОРПМ	Unified Power Flow Controller	UPFC
Статический фазовращатель - общее название для устройств поворота фазы в линии с применением силовой электроники	СФВ	Static Phase Shifter	SPS
Фазоповоротный трансформатор, управляемый тиристорами	ФПУ	Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer	TCPST
Асинхронизированный синхронный электромеханический преобразователь частоты	АС ЭМПЧ	Asynchronized Electromechanical Frequency Converter	AEFC
Вставка постоянного тока на полностью управляемых приборах силовой электроники	ВПТН	Back – to- back voltage sourced converters	BtB VSC

Рассмотрим возможные классификации устройств FACTS. Итак, устройства FACTS классифицируются по:

- типу (статические и электромашинные);
- видам силовых ключей (тиристоры традиционные или полностью управляемые полупроводниковые приборы);
- принципу регулирования (скалярное или векторное);
- поколениям (по мере появления тех или иных устройств);
- способу включения в сеть.

К устройствам FACTS первого поколения, в которых в качестве коммутирующего ключа использовались традиционные тиристоры или выключатели, относятся устройства, обеспечивающие регулирование величины напряжения или реактивной мощности и обеспечивающие требуемую степень компенсации реактивной мощности в электрических

сетях.

К устройствам FACTS второго поколения относят устройства, обеспечивающие регулирование режимных параметров на базе полностью управляемых приборов силовой электроники (IGBT транзисторы, IGCT - тиристоры). Отличием FACTS второго поколения стало векторное регулирование, когда регулируется не только величина, но и фаза вектора напряжения электрической сети (синхронный статический компенсатор (СТАТКОМ), синхронный статический продольный компенсатор реактивной мощности на базе преобразователя напряжения (ССПК), объединённый регулятор потоков мощности (ОРПМ), фазоповоротное устройство (ФПУ), асинхронизированный синхронный компенсатор в том числе с маховиком (АСК), асинхронизированный синхронный электромеханический преобразователь частоты (АС ЭМПЧ), фазовращающий трансформатор (ВФТ)).

По типу устройства FACTS делятся на статические и электромашинные системы.

К статическим относятся:

- управляемые шунтирующие реакторы (УШР), реализованные по принципу магнитного усилителя (УШРП) или трансформаторного типа (УШРТ или реактор-трансформатор) с тиристорным управлением;
- реакторы, коммутируемые вакуумными выключателями (ВРГ);
- статические тиристорные компенсаторы реактивной мощности (СТК), состоящие из одной или нескольких тиристорно-реакторной групп и набора фильтро-компенсирующих цепей;
- синхронные статические компенсаторы реактивной мощности типа СТАТКОМ на базе преобразователя напряжения с параллельным подключением к сети;
- синхронные статические продольные компенсаторы реактивной мощности на базе преобразователя напряжения (ССПК);

- объединенный регулятор перетока мощности на основе преобразователей напряжения параллельного и последовательного включения, объединённых по цепям постоянного тока (ОРПМ);

- управляемые тиристорами устройства продольной емкостной компенсации (УУПК);

- управляемые фазоповоротные устройства (ФПУ) на базе фазосдвигающих трансформаторов с тиристорным управлением или РПН;

- вставки постоянного тока на базе преобразователей напряжения (ВПТН);

- токоограничивающие устройства на основе технологии FACTS (для ограничения токов короткого замыкания).

Группу электромашинных систем образуют:

- асинхронизированные синхронные компенсаторы (АСК);

- асинхронизированные электромашинные преобразователи частоты (АС ЭМПЧ) на основе двух асинхронизированных машин (АСМ) на одном валу либо на основе асинхронизированной (АСМ) и синхронной машин (СМ) на одном валу;

- фазовращающийся трансформатор - вращающаяся машина с питанием статора и ротора от сетей с различной частотой с дополнительным двигателем на валу (ВФТ).

На рисунке 1.3 приведена классификация устройств первого и второго поколений по типам и принципам регулирования. Звездочкой обозначены устройства, освоенные производством в России.

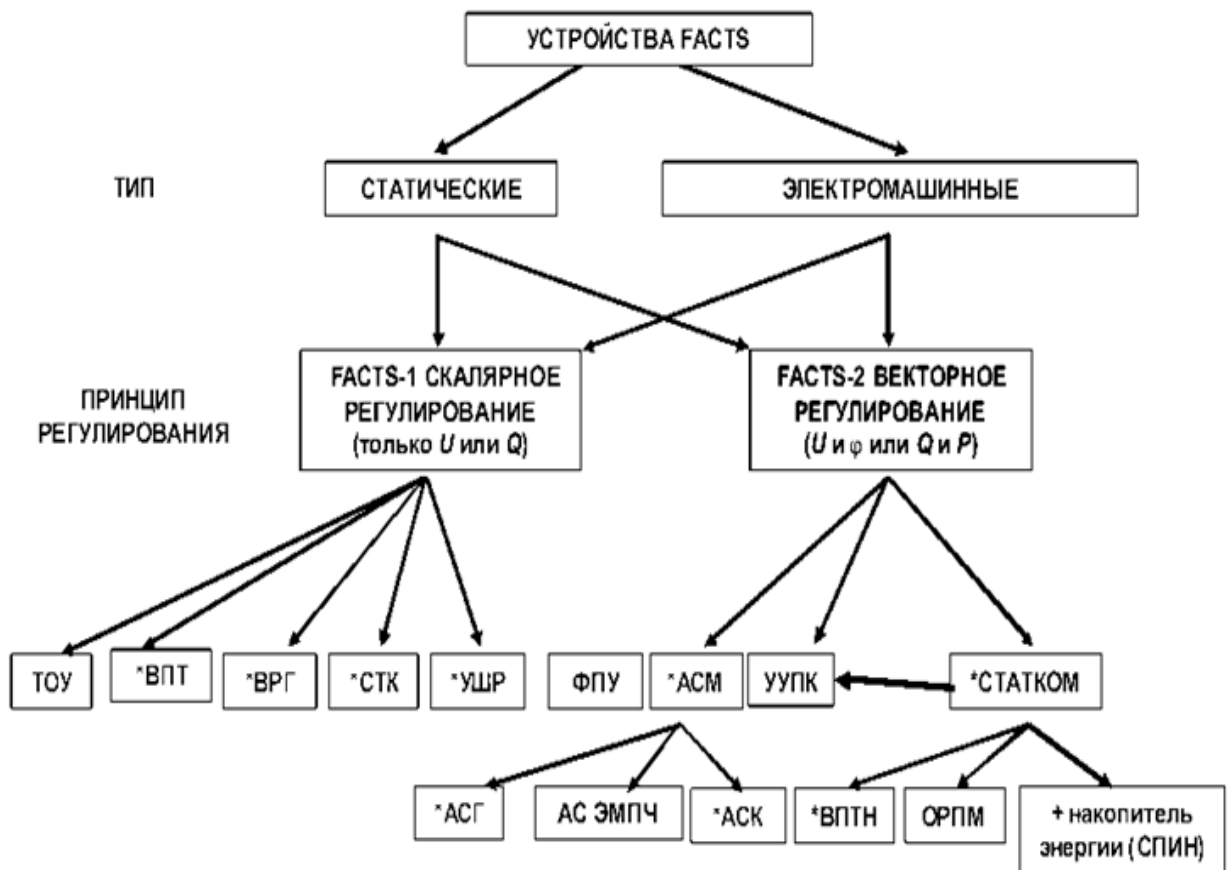


Рисунок 1.3. - Классификация устройств FACTS

Вывод по первому разделу:

Обеспечение устойчивости вообще и статической устойчивости в частности является актуальной проблемой для энергосистемы Кыргызстана.

Одним из многих решений этих проблем является применение гибких систем управления (FACTS технологии) в энергосистеме. При этом перед применением данной технологии необходимо исследовать эффективность внедрения устройств FACTS в конкретной исследуемой расчетной схеме для повышения ее устойчивости, и его влияние на развитие данной энергосистемы в дальнейшем.

Для достижения этого цели необходимо в первую очередь сформировать цифровую модель данной энергосистемы и затем на этой модели проводить исследования по применению FACTS-устройств. Кроме этого необходимо выбирать самые подходящие FACTS-устройства и проводить исследования эффективности их применения.

2. Цифровое моделирование энергосистемы

2.1. Программный комплекс для моделирования

Программный комплекс (ПК) Мустанг и RastrWin предназначены для оперативного выполнения на ЭВМ расчетов, по моделированию установившихся и переходных электромеханических режимов энергосистем. Комплекс разработан с использованием языка программирования C++ Builder 5, является приложением Win32 для операционной системы Windows 95/98/NT/2000/XP/Vista/7. [7]

Структурно ПК Мустанг состоит из трех основных расчетных программ:

- Программы расчета установившегося режима – позволяет расчет параметров режима энергосистемы в установившемся режиме. Это перетоки активной и реактивной мощности; действующее напряжение в узлах; протекающие по линиям токи; потери мощности и напряжения;
- Программы расчета переходного процесса – позволяет выводить результаты расчета динамической устойчивости в виде графиков на экран, в файл либо принтер. Это дает возможность наглядно оценивать динамическую устойчивость энергосистемы при возникновении аварии. Кроме того, в КП мустанг можно моделировать процессы включения в сеть и отключения из сети всяких силовых электрооборудований, таких как генераторов, мощных асинхронных двигателей, синхронных компенсаторов ...т.д. и моделировать действия релейной защиты и автоматики;
- Программы утяжеления режимов (которые фактически представляют собой последовательную серию расчетов установившихся режимов).

При вышеприведенных программных средствах, в ПК Мустанг и RastrWin также включены динамические модели генераторов, системы возбуждения, возбудителя, системы регулирования скорости вращения турбины генераторов, особенно модели групп FACTS-устройств и средства для моделирования современных средств управления энергосистемами.

Моделирование энергосистеме в ПК RasnrWin позволяет решать ряд эксплуатационных и проектных задач, в частности:

- расчёт параметров режима в различных оперативных состояниях работы ЭЭС;
- проверка устойчивости работы ЭЭС;
- моделирование и анализ возможных аварийных состояний ЭЭС;
- оценка технической эффективности при проектировании вновь вводимых объектов ЭЭС;
- Моделирование производится с учетом действующих объектов.

В данной работе ПК Мустанга применяется для расчета установившегося режима и также проверки устойчивости работы энергосистемы и определения коэффициента запаса по статической устойчивости энергосистемы. [7]

2.1. Исходные данные для расчета установившихся режимов ЭЭС

В целом, перечень исходных данных, необходимых для формирования цифровой модели ЭЭС, для перечисленных выше программных комплексов одинаков, и включает в себя сведения о параметрах узлов и ветвей исследуемой схемы электрической сети.

Для выполнения расчетов электрических режимов ЭЭС, в программном комплексе Rastr.Win3, подготавливаем цифровую расчетную модель ЭЭС. Цифровая расчетная модель ЭЭС сформирована на основании исходных данных и представляет собой базу данных, отражающую параметры узлов и ветвей входящих в схему замещения рассматриваемой ЭЭС.

Исходные данные по узлам электрической сети включают в себя:

- ✓ i – номер узла;
- ✓ $U_{ном}$ – номинальное напряжение узла, кВ;
- ✓ $P_{нагр}$ – активная мощность нагрузки, МВт;

- ✓ $Q_{нагр}$ – реактивная мощность нагрузки, Мвар;
- ✓ $P_{г}$ – активная генерируемая мощность узла, МВт;
- ✓ $Q_{г}$ – реактивная генерируемая мощность узла, Мвар;
- ✓ $V_{зд}$ – заданный модуль напряжения, кВ;
- ✓ Q_{min}, Q_{max} – минимальная и максимальная генерация, Мвар;
- ✓ $B_{ш}$ – проводимость шунта, мкСм;
- ✓ V – расчетный модуль напряжения, кВ;
- ✓ Δ – расчетный угол напряжения, кВ.

Исходные данные по ветвям электрической сети включают в себя:

- ✓ i, j – номер узлов начала и конца ветви;
- ✓ Диспетчерское наименование;
- ✓ R – активное сопротивление ветви, Ом;
- ✓ X – реактивное сопротивление ветви, Ом;
- ✓ G – активная проводимость ветви, мкСм (для ВЛ свыше/включительно 220 кВ);
- ✓ B – реактивная (ёмкостная) проводимость ветви, мкСм;
- ✓ K_t – продольная составляющая коэффициента трансформации;
- ✓ $N_{анц}$ – номер анцапфы;
- ✓ $БД_{анц}$ – номера трансформаторов в базе анцапф;
- ✓ $I_{доп_расч}$ – расчетный допустимый ток, А;
- ✓ I_{max} – максимальный ток по элементу, А;

P_{max}, Q_{max} – потоки активной и реактивной мощностей в начале ветви, МВт.

Исходные данные параметров узлов и ветвей приведены в приложениях А, Б.

2.2. Моделирование и анализ нормального режима

Нормальный режим энергосистемы – состояние энергетической системы, характеризующееся совокупностью постоянных условий и параметров на некотором интервале времени.

Расчеты установившихся режимов электрических сетей осуществляются для определения уровня напряжения в узлах электрической сети, а также для оценки распределения потоков активной, реактивной мощностей и токов по элементам электрической сети. Определение этих параметров осуществляется для нормальной схемы электрической сети и различных уровнях электрических нагрузок (P_{max}/P_{min}) зависящих от времени года (зима/лето), дня (рабочий/выходной), времени суток (день/ночь) и т.д. Такие режимы называются нормальными установившимися режимами.

Расчёты режимов электрической сети выполняются для определения:

- загрузки элементов сети, соответствия пропускной способности сети ожидаемым потокам мощности;
- сечений проводов и кабелей мощностей трансформаторов и автотрансформаторов;
- уровня напряжения в узлах электрической сети и мероприятий, обеспечивающих поддержание напряжения в допустимых пределах;
- потерь мощности и электрической энергии;
- пропускной способности электрической сети.

Цифровая модель энергосистемы в программном комплексе RastrWin производится путем формирования базы данных узлов и ветвей, токовых загрузок ЛЭП и трансформаторов, также созданием графической модели расчетной схемы. [1]

<div>Узлы</div> <div>Ветви</div> <div>Графика</div> <div>Токловая загрузка ЛЭП</div> <div>Токловая загрузка Тр-ров</div> <div>Трансформаторы</div> <div>Ветви</div> <div>Ветви</div>																	
<div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div><div></div></div>																	
	O	S	Тип	Номер	Название	U_ном	N...	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	B_ш	V	Delta
1	<input type="checkbox"/>		Ген-	65	ТЭЦ Бишкек	114	1	288,0	102,0		-0,1	115,0	-0,1	75,0	-5 785,0	118,87	-49,83
2	<input type="checkbox"/>		Ген-	124	Лочин	220				38,0		220,0		50,0		240,97	-23,82
3	<input type="checkbox"/>		База	125	Лочин	498				174,7	-514,7	502,0				502,00	-24,05
4	<input type="checkbox"/>		Ген	127	ТоктГЭС	16				550,0	31,8	15,7	10,0	170,0		15,70	-21,59
5	<input type="checkbox"/>		Нагр	141	Датка	500	1									512,27	-24,69
6	<input type="checkbox"/>		Нагр	142	Датка	220	1									224,38	-24,69

Рисунок 2.1 – Фрагмент базы данных узлов цифровой модели энергосистемы

Узлы																		Ветви																		Графика																		Токовая нагрузка ЛЭП																		Токовая нагрузка Тр-ров																		Трансформаторы																		Ветви																		Ветви																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Рисунок 2.2. – Фрагмент базы данных ветвей цифровой модели энергосистемы

После формирования цифровой расчетной модели ЭЭС выполним расчет нормального установившегося режима.

Расчетная электрическая схема энергосистемы Киргизии, базы данных узлов и ветвей, графики нормальных режимов, токовых загрузок ЛЭП и трансформаторов представлены в **приложениях В-Ж**

Отклонение напряжения характеризуется показателем установившегося отклонения напряжения, для которого установлены следующие нормы:

- нормально допустимые и предельно допустимые значения установившегося отклонения напряжения δU_y на выводах приемников электрической энергии равны $\pm 10\%$ от номинального напряжения электрической сети по ГОСТ Р 54149 – 2010 (номинальное напряжение) [8].

- в нормальном режиме каждый трансформатор должен работать в экономически целесообразном режиме, то есть с загрузкой 60-70% от его номинальной мощности [9].

По расчетам нормальных установившихся режимов можно сделать вывод, что уровни напряжения во всех узлах энергосистемы, загрузка трансформаторов, а также автотрансформаторов входят в область допустимых значений и токи по ВЛ 110-500 кВ не превышают длительно допустимых значений (таблицы 7,10) [1].

Вывод по второму разделу

Построили цифровую модель энергосистемы в программном комплексе RastWin. Уровни напряжений в узлах подстанций находятся в пределах допустимых значений [8]. Токовые загрузки ЛЭП и трансформаторов не превышают пределы соответствующие нормативным требованиям критериев нормального режима [9]. Делаем вывод что модель энергосистемы пригоден для анализа статической устойчивости энергосистемы.

3. Анализ статической устойчивости энергосистемы Киргизии

Запас статической устойчивости нормального установившегося режима определяется по сечению, опасному с точки зрения нарушения статической устойчивости в послеаварийном режиме. Таким сечением является совокупность электрических связей, например воздушных линий электропередачи (ВЛ) связывающих две энергосистемы, энергорайона, электростанции и т.д., по которым возможно нарушение статической устойчивости из-за их перегрузки в послеаварийном режиме. Такая перегрузка, в свою очередь, может быть вызвана, аварийным отключением одной из ВЛ входящих в контролируемое сечение, отключением генерации в приемной части энергосистемы и т.д. Для выявления опасного сечения необходимо проанализировать потокораспределение в нормальном режиме работы ЭЭС, сравнить схему нормального режима со схемой послеаварийного режима, выяснить, на какие оставшиеся в работе связи произойдет наброс мощности после аварийного отключения одного из элементов электрической сети входящих в контролируемое сечение.

После выявления сечения, по которому возможно нарушение статической устойчивости в послеаварийном режиме необходимо определить предел передаваемой мощности по контролируемому сечению и коэффициент запаса статической устойчивости нормального режима.

В работе ВКР оценка апериодической статической устойчивости, осуществляется по критерию сходимости итерационного процесса при расчете установившегося режима ЭЭС.

В практических расчетах статической устойчивости ЭЭС для нахождения предела статической устойчивости используется метод последовательного утяжеления режима, суть которого заключается в последовательном увеличении загрузки контролируемого сечения до того момента, когда итерационный процесс перестает сходиться (электрический режим не считается). Это достигается, либо посредством проведения расчета нескольких последовательно утяжеленных установившихся режимов с

принятым шагом утяжеления, либо посредством использования специальной функции программного комплекса «Утяжеление», которая позволяет после задания соответствующих исходных данных сформировать траекторию утяжеления и определить предел передаваемой мощности. При этом, величина перетока мощности по связи, при котором режим еще считается и является предельным по условию обеспечения статической устойчивости. Определенное методом утяжеления значение предела передаваемой мощности по связи в нормальном режиме $P_{\text{пр}}^{\text{н}}$, используется в дальнейшем для расчета коэффициента запаса статической устойчивости.

Для расчета коэффициента запаса статической устойчивости нормального режима помимо определенного значения $P_{\text{пр}}^{\text{н}}$ используется значение перетока мощности по контролируемому сечению в нормальном режиме (до утяжеления) $P_{\text{н}}$, а если контролируемое сечение представляет собой относительно слабую связь, то и величина нерегулируемых колебаний потока мощности ΔP :

$$k_3 = \frac{(P_{\text{пр}} - P_{\text{н}} - \Delta P)}{P_{\text{н}}} \cdot 100\% \quad (1.1)$$

Определенный коэффициент запаса статической устойчивости нормального режима сравнивается с нормированным значением, которое регламентируется Методическими указаниями по расчету устойчивости энергосистем, и для нормальных режимов должно быть не менее 0,2. Если k_3 оказывается меньше нормированного значения, то делаются рекомендации его увеличению. [1]

По перетокам мощностей в нормальном режиме видим, что энергосистема имеет дефицитную и избыточную по мощности зоны. Изначально вся энергосистема Киргизии разделена на Южную и Северную части. Избыточной зоной является область наибольшей генерации – Токтогульская ГЭС (Южная часть энергосистемы Киргизии), а дефицитной зоной является область максимального потребления – Бишкек ТЭЦ (Северная часть энергосистемы).

3.1. Утяжеление энергосистемы со стороны дефицитной зоны

Производим утяжеление энергосистемы со стороны дефицитной зоны в узле 51 (Бишкек ТЭЦ) для определения слабых связей энергосистемы и расчета коэффициента статической устойчивости в нормальном режиме.

```
Номер шага: 5
Мин. напряжение в схеме: 0.719 узел: 51
Макс. разность углов напряжений в схеме: 19.256 [град], ветвь: 26-48-0
Значения узловых воздействий:
Узел 51 Pn = 196.2500
Шаги воздействия уменьшены в два раза из-за невозможности решения УР
Шаги воздействия уменьшены в два раза из-за невозможности решения УР
Шаги воздействия уменьшены в два раза из-за невозможности решения УР
Номер шага: 6
Мин. напряжение в схеме: 0.712 узел: 51
Макс. разность углов напряжений в схеме: 19.504 [град], ветвь: 26-48-0
Значения узловых воздействий:
Узел 51 Pn = 196.4062
Шаги воздействия уменьшены в два раза из-за невозможности решения УР
Шаги воздействия уменьшены в два раза из-за невозможности решения УР
Расчет прекращен, количество делений шага > 10
Файл протокол - SSPREP.TXT
Утяжеленный режим сохранен в файл - C:\Users\user\Desktop\Работа по БКР\tmpPfCaseFin.ssp
```

Рисунок 3.1. - Протокол утяжеления нормального режима в узле 51
(дефицитная зона)

В протоколе утяжеления нормального режима расчетом в программе выявлено слабая связь в энергосистеме – ветвь 25-48 ВЛ 220 кВ «Фрунзе - Ала-Арча». И минимальное значение напряжения в узле 51 (ПС Ала-Арча 110 кВ).

U
51
107.542
102.716
93.368
89.012
85.041
82.713
81.874

Рисунок 3.2. – значение снижения напряжения до минимального значения в узле 51 (ПС Ала-Арча 110 кВ)

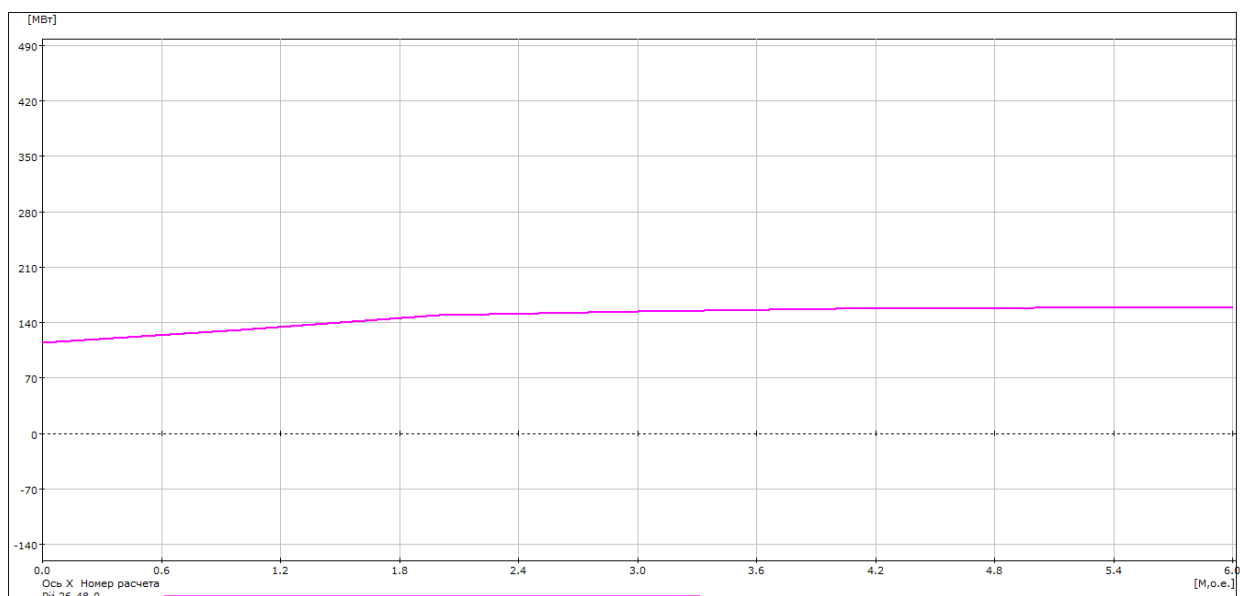


Рисунок 3.3. – Траектория утяжеления нормального режима слабой связи ВЛ 220 кВ « ПС Фрунзе - ПС Ала-Арча»

Таблица 3.1. - утяжеление нормального режима для связи 25-48 ВЛ 220 кВ «Фрунзе - Ала-Арча»

	Номер расчета	Pij	Pij	Pij	Pij	Pij	Pij	Pij
		350-25-0	47-25-0	49-25-0	29-26-0	26-34-1	26-34-2	26-48-0
		200.000	-137.000	345.945		107.217	115.924	114.581
	1	200.000	-137.000	374.661		111.795	120.874	130.996
	2	200.000	-137.000	406.644		116.704	126.181	149.010
	3	200.000	-137.000	416.152		118.108	127.700	154.199
	4	200.000	-137.000	422.206		118.963	128.625	157.369
	5	200.000	-137.000	424.677		119.289	128.978	158.579
	6	200.000	-137.000	425.379		119.377	129.072	158.902

Производим расчет запаса статической устойчивости в нормальном режиме для связи 26-48 (ВЛ 220 ПС Фрунзе – ПС Ала-Арча).

$$K_3^H = \frac{P_{np}^H - P_H}{P_H} \times 100\% = \frac{158.902 - 114.581}{114.581} \times 100\% = 38,6\%$$

По итогам расчета «утяжеления» в программе «Mustang» со стороны дефицитной зоны энергосистемы Киргизии (Узел 51) Бишкек ТЭЦ получили значение коэффициента запаса статической устойчивости для слабой связи (Ветвь 26-48) ВЛ 220 ПС Фрунзе – ПС Ала-Арча равной $K_3=38,6\%$. Согласно методическим указаниям по устойчивости энергосистем коэффициент запаса статической устойчивости должен быть не менее значения равного 0,2 или

20% в нормальном режиме. Делаем вывод, что энергосистема Киргизии в данном случае утяжеления статически устойчива.

3.2. Утяжеление энергосистемы со стороны избыточной зоны

Производим утяжеление энергосистемы со стороны избыточной зоны в узле 125 (Бишкек ТЭЦ) для определения слабых связей энергосистемы и расчета коэффициента статической устойчивости в нормальном режиме.

```
Номер шага: 27
Мин. напряжение в схеме: 0.700 узел: 51
Макс. разность углов напряжений в схеме: -19.044 [град], ветвь: 141-126-0
Значения узловых воздействий:
Узел 126 Pg = 2878.6133
Узел 126 Pq = 2878.6133
Расчет прекращен, количество делений шага > 10
Расчет УР завершен
Файл протокол - SSPREP.TXT
```

Рисунок 3.4. - Протокол утяжеления нормального режима в узле 126
(избыточная зона)

В протоколе утяжеления для данного режима расчетом в программе выявлено слабая связь в энергосистеме – ветвь 141-126 ВЛ 500 кВ «Токтогульская ГЭС - ПС Датка». И минимальное значение напряжения в узле 51 (ПС Ала-Арча 110 кВ).

Таблица 3.2. - утяжеление нормального режима для связи 141-126 ВЛ 500 кВ «Токтогульская ГЭС - ПС Датка»

Pij	Pij	Pij	Pij
125-141-0	141-126-0	126-49-0	141-1-0
178.867	-150.277	398.985	328.374
39.788	-283.500	405.151	322.699
-98.668	-416.309	411.341	317.060
-236.503	-548.706	417.557	311.460
-373.717	-680.691	423.798	305.898
-510.310	-812.262	430.064	300.375
-646.278	-943.419	436.356	294.891
-781.618	-1074.159	442.673	289.448
-916.324	-1204.478	449.016	284.048
-1050.388	-1334.372	455.386	278.690
-1183.633	-1463.879	461.698	273.600
-1315.999	-1592.990	467.934	268.811
-1447.526	-1721.652	474.139	264.218
-1578.144	-1849.843	480.303	259.853
-1707.768	-1977.534	486.417	255.762
-1836.279	-2104.691	492.468	252.008
-1963.515	-2231.264	498.437	248.678
-2089.238	-2357.187	504.302	245.912
-2213.064	-2482.366	510.027	243.946
-2334.272	-2606.634	515.556	243.254
-2450.886	-2729.603	520.780	245.228
-2504.630	-2790.081	523.205	249.313
-2507.660	-2793.797	523.350	249.809
-2509.140	-2795.649	523.423	250.082
-2509.869	-2796.573	523.459	250.227
-2510.231	-2797.035	523.477	250.301
-2510.412	-2797.265	523.486	250.339
-2510.502	-2797.381	523.491	250.358

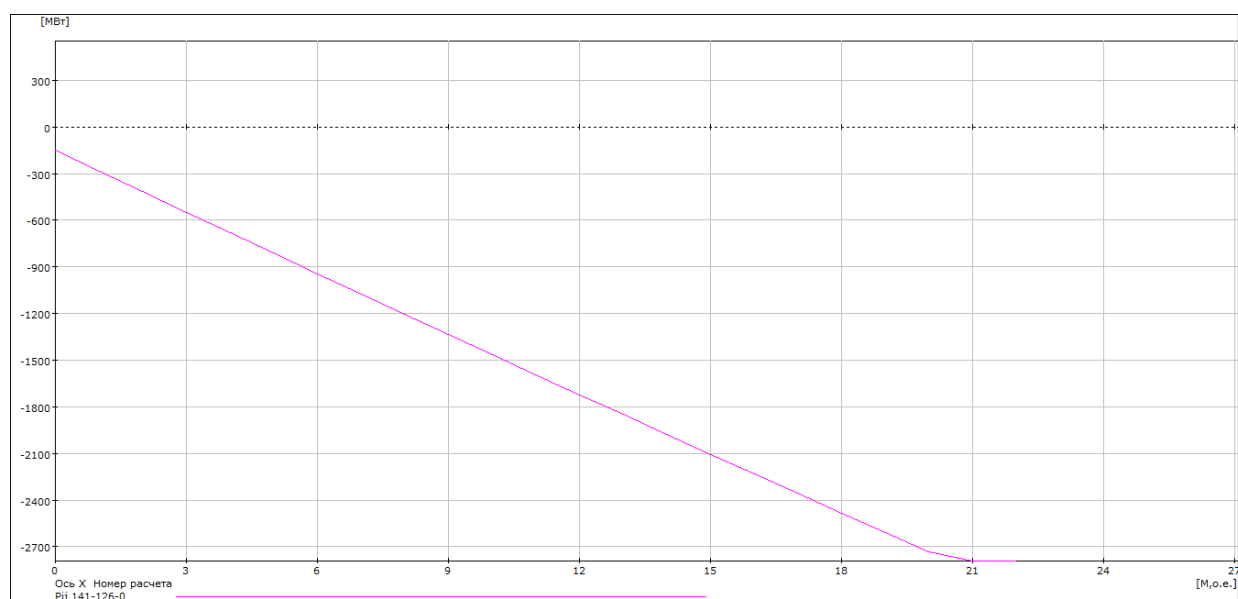


Рисунок 3.5 – Траектория утяжеления нормального режима слабой связи ВЛ
500 кВ «Токтогульская ГЭС - ПС Датка»

Производим расчет запаса статической устойчивости в нормальном режиме для связи 141-126 ВЛ 500 кВ «Токтогульская ГЭС - ПС Датка».

$$K_3^H = \frac{P_{np}^H - P_H}{P_H} \times 100\% = \frac{2797 - 150,277}{150,277} \times 100\% = 176,1\%$$

По итогам расчета «утяжеления» в программе «Mustang» со стороны избыточной зоны энергосистемы Киргизии (Узел 126) Токтогульская ГЭС получили значение коэффициента запаса статической устойчивости для слабой связи 141-126 ВЛ 500 кВ «Токтогульская ГЭС - ПС Датка» равной $K_3=1761\%$. Согласно методическим указаниям по устойчивости энергосистем коэффициент запаса статической устойчивости должен быть не менее значения равного 0,2 или 20% в нормальном режиме. Делаем вывод, что связь 141-126 ВЛ 500 кВ «Токтогульская ГЭС - ПС Датка» имеет высокую статическую устойчивость.

3.3. Утяжеление энергосистемы со стороны дефицитной зоны в послеаварийном режиме

Производим утяжеление энергосистемы со стороны дефицитной зоны в послеаварийном режиме. Утяжеление в узле 51 (Бишкек ТЭЦ) для определения слабых связей энергосистемы и расчета коэффициента статической устойчивости в аварийном режиме.

```
Номер шага: 4
Мин. напряжение в схеме: 0.718 узел: 65
Макс. разность углов напряжений в схеме: 16.107 [град], ветвь: 26-48-0
Значения узловых воздействий:
Узел 51 Pn = 106.4844
Шаги воздействия уменьшены в два раза из-за невозможности решения УР
Расчет прекращен, количество делений шага > 10
Файл протокол - SSPREP.TXT
Утяжеленный режим сохранен в файл - C:\Users\user\Desktop\Работа по ВКР\tmpPfCaseFin.ssp
```

Рисунок 3.5. - Протокол утяжеления послеаварийного режима

В протоколе утяжеления для послеаварийного режима расчетом в программе выявлено слабая связь в энергосистеме – ветвь 26-48 ВЛ 220 кВ «Фрунзе - Ала-Арча». И минимальное значение напряжения в узле 65 (Бишкек ТЭЦ 110 кВ).

U
65
85.354
83.774
82.915
82.371
81.814

Рисунок 3.6. – таблица снижения напряжения до минимального значения

Таблица 3.3. - утяжеление нормального режима для связи 25-48 ВЛ 220 кВ «Фрунзе - Ала-Арча»

Номер расчета	Pij	Pij	Pij	Pij	Pij	Pij	Pij
	350-25-0	47-25-0	49-25-0	29-26-0	26-34-1	26-34-2	26-48-0
	200.000	-137.000	335.995		78.552	84.931	150.575
1	200.000	-137.000	340.625		79.035	85.454	153.456
2	200.000	-137.000	342.131		79.177	85.607	154.360
3	200.000	-137.000	342.642		79.213	85.646	154.645
4	200.000	-137.000	343.112		79.244	85.680	154.900

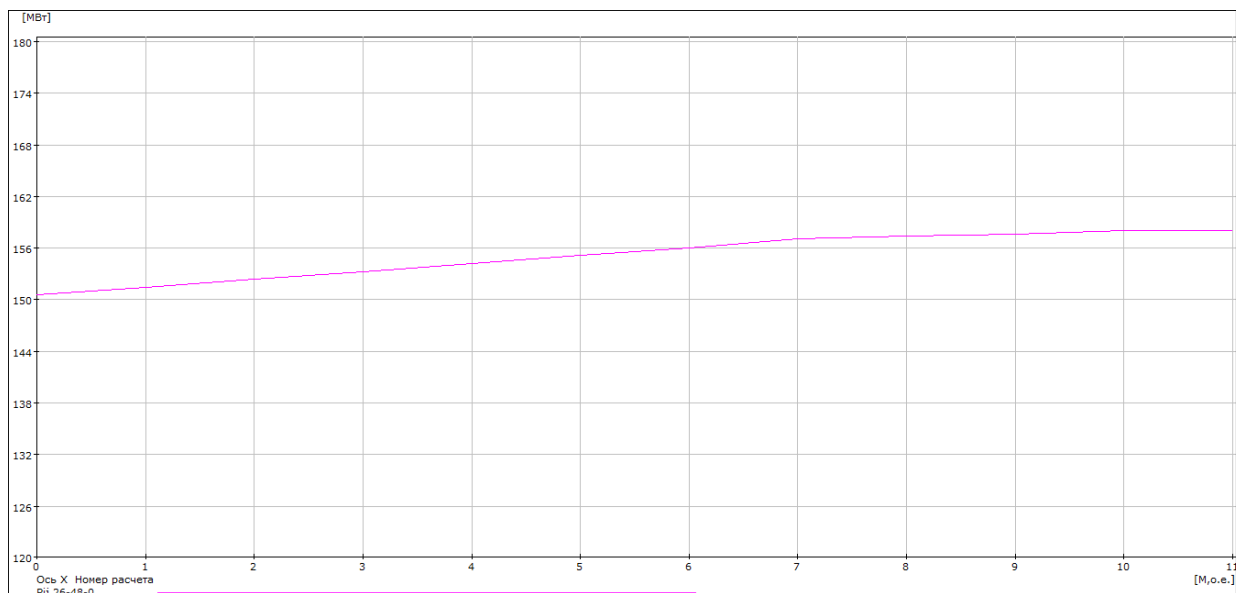


Рисунок 3.6. – Траектория утяжеления нормального режима слабой связи ВЛ 220 кВ « ПС Фрунзе - ПС Ала-Арча»

Производим расчет запаса статической устойчивости в послеаварийном режиме для связи 26-48 (ВЛ 220 ПС Фрунзе – ПС Ала-Арча).

$$K_3^H = \frac{P_{np}^H - P_H}{P_H} \times 100\% = \frac{158.009 - 150,575}{150,575} \times 100\% = 5\%$$

Вывод по третьему разделу

По итогам анализа «утяжеления» в программе «Mustang» нарушение статической устойчивости энергосистемы Киргизии на наблюдается со стороны дефицитной зоны энергосистемы Киргизии в послеаварийном режиме отключением связи АТ-1 Бишкек ТЭЦ 220 кВ. Запас статической устойчивости энергосистемы по связи (Ветвь 26-48) ВЛ 220 ПС Фрунзе – ПС Ала-Арча равно $K_3=4,937\%$. Согласно методическим указаниям по

устойчивости энергосистем коэффициент запаса статической устойчивости должен быть не менее значения равного 0,8 или 8% в аварийном режиме. []

Делаем вывод, что рассматриваемая энергосистема статически не устойчива в послеаварийном режиме.

4. Мероприятия по повышению статической устойчивости энергосистемы

В ходе анализа статической устойчивости энергосистемы Кыргызстана методом «Утяжеления» в программном комплексе Mustang получили протокол утяжеления с результатом о минимальном напряжении в узле 65 (Бишкеке ТЭЦ) и максимальным предельным перетоком активной мощности по слабой связи (ветвь 26-48 ВЛ 220 кВ Фрунзе – Ала-Арча) в послеаварийном режиме со значением запаса статической устойчивости по выше указанной слабой связи не удовлетворяющим условию по статической устойчивости.[11]

Мероприятием по решению данной проблемы будет применение компенсирующих устройств, которое позволит поддерживать напряжение в пределах допустимых значений согласно нормативным значениям, обеспечит повышение коэффициента статической устойчивости энергосистемы до значения удовлетворяющим нормативно-допустимым значениям.

4.1. Применение БСК в качестве мероприятия по повышению статической устойчивости

4.1.2. Моделирование БСК в программе RastrWin

Моделирование БСК в программном комплексе RastrWin производится задаванием проводимости во вкладке В_ш (проводимость шунта) со знаком « - », т.к. данный знак в программе будет свидетельствовать о том, что мощность отдается в энергосистему.

Рассчитываем проводимость шунта БСК по формуле:

(4.1)

Узлы

Ветви

Токовая загрузка ЛЭП

УШР/СТК

Графика

Токовая загрузка Тр-ров

Узлы

Ветви

🔊

📊

📈

📉

🔍

📄

👤

	O	S	Тип	Номер	Название	U_ном	N...	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	V_ш	V	Delta
1	<input type="checkbox"/>		Нарп	69	БСК	110									-6 800,0	115,23	-51,06
2	<input type="checkbox"/>		Ген-	124	Лочин	220				38,0		220,0		50,0		240,97	-23,82

Рисунок 4.1. – Моделирование БСК в узле 65

После моделирования видим, что для поддержания напряжения 115 кВ в узле 65 (Бишкек ТЭЦ) в послеаварийном режиме необходима установка БСК мощностью $Q_{\text{БСК}}=82,5$ МВАр.

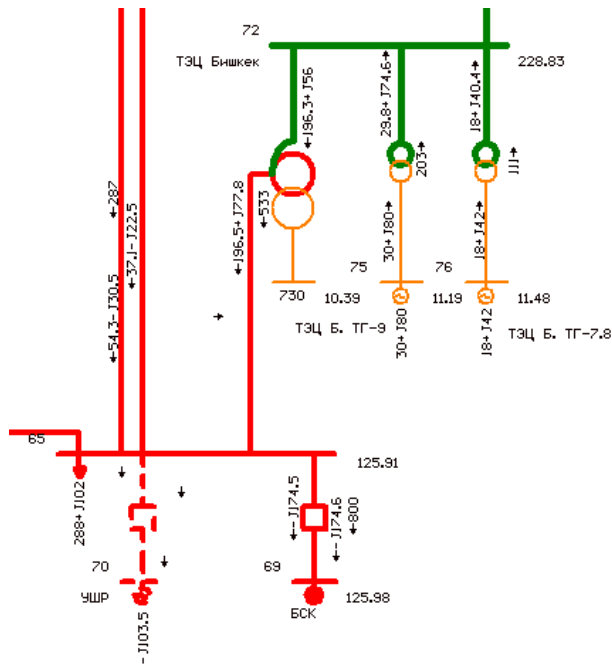


Рисунок 4.2. – Графика энергосистемы с БСК без УШР в нормальном режиме

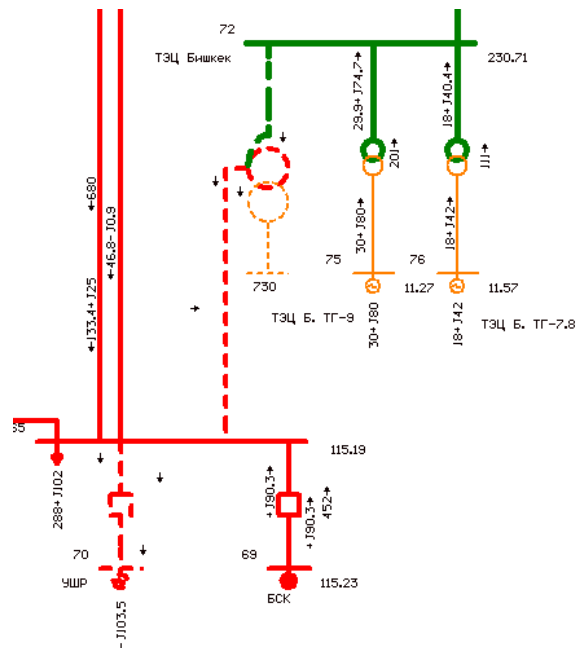


Рисунок 4.3. – Графика энергосистемы с БСК в послеаварийном режиме

Для оценки статической устойчивости энергосистемы после установки БСК выполним «утяжеление» энергосистемы в послеаварийном режиме

```

Номер шага: 7
Мин. напряжение в схеме: 0.830 узел: 55
Макс. разность углов напряжений в схеме: 20.161 [град], ветвь: 26-48-0
Значения узловых воздействий:
Узел 51 Pn = 133.6719
Шаги воздействия уменьшены в два раза из-за невозможности решения УР
Расчет прекращен, количество делений шага > 10
Файл протокол - SSPREP.TXT
Утяжеленный режим сохранен в файл - C:\Users\user\Desktop\Работа по ВКР\tmpPfCaseFin.ssp
  
```

Рисунок 4.5. - Протокол утяжеления послеаварийного режима

Таблица 4.2. – значения мощностей при утяжелении энергосистемы до предельного значения по мощности

Pij	Pij	Pij	Pij
26-34-2	26-48-0	26-31-0	30-34-0
92.710	172.361	85.394	-101.749
94.907	181.576	87.643	-105.691
96.162	186.742	89.362	-107.849
96.616	188.571	90.360	-108.546
96.766	189.155	90.745	-108.763
96.867	189.536	91.030	-108.901
96.937	189.794	91.245	-108.993
97.011	190.058	91.495	-109.084

Вычисляем значение коэффициента запаса статической устойчивости по связи 26-48:

$$K_3^H = \frac{P_{np}^H - P_H}{P_H} \times 100\% = \frac{190,058 - 172,361}{172,361} \times 100\% = 10,3\%$$

Делаем вывод, что применение БСК мощностью 100 МВар в узле 65 позволит поддерживать уровень напряжения 115 кВ в послеаварийном режиме.

В нормальном режиме работы энергосистемы напряжение в узле присоединения БСК увеличивается до значения 125,9 кВ, что практически равно максимально допустимому напряжению (126кВ для сетей класса напряжения 110 кВ). [6]

Коэффициента запаса статической устойчивости энергосистемы по связи 26-48 за счет перераспределения потоков активной мощности в энергосистеме повысится с 5% до 10,3%.

4.2. Применение УШР в качестве мероприятия по повышению статической устойчивости

Управляемые шунтирующие реакторы (УШР) – электромагнитные реакторы, индуктивность которых может плавно регулироваться с помощью системы автоматического управления, что позволяет осуществлять стабилизацию напряжения на воздушных линиях с большой зарядной мощностью. В комбинации с батареями конденсаторов, включаемых параллельно, УШР являются аналогами статических тиристорных компенсаторов (СТК), позволяя поддерживать напряжение на в местах подключения, как в режиме малых, так и больших нагрузок.

Область применения управляемых реакторов распространяется на следующие виды электрических сетей:

- Сети с резкопеременным графиком нагрузок;
- Сети с изношенным коммутационным и трансформаторным оборудованием, которое часто используется для регулирования уровней напряжения;
- Сети, образованные длинными транзитами, имеющими тенденцию к частому изменению величины и/или направления потоков мощности;
- Сети, питающие потребителей с повышенными требованиями к стабильности напряжения;
- Сети с повышенными потерями;
- Сети, режим работы которых не позволяет обеспечить допустимую загрузку генераторов по реактивной мощности.

Широкие функциональные возможности УШР обеспечивают целесообразность их применения на различных классах напряжения. При этом ожидаемый эффект может проявляться как на уровне локального района потребительских сетей, так и при решении первоочередных задач национальной энергосистемы в целом.

Применение управляемых шунтирующих реакторов позволит:

- устранить суточные и сезонные колебания напряжения в электрической сети;
- повысить качество электрической энергии;
- оптимизировать и автоматизировать режимы работы электрической сети, в том числе с использованием в качестве центрального регулятора системы SCADA/EMS;
- снизить потери электроэнергии при ее транспортировке и распределении;
- повысить устойчивость энергосистемы;
- увеличить пропускную способность линий электропередачи и обеспечить надежное автоматическое управление уровнями напряжения при перетоках мощности, близких к предельным по статической устойчивости;
- избежать эффекта «лавины напряжения» при возникновении аварийных ситуаций в электрической сети (например, аварийное отключение нагрузки, генератора, линии электропередачи и прочее);
- обеспечить условия для работы генераторов электростанций в таком диапазоне генерации реактивной мощности, который способствует наиболее благоприятным эксплуатационным режимам.
- уменьшить применение генераторов на электростанциях в качестве регулируемых источников реактивной мощности и потери в линиях электропередач.
- сократить использование дорогостоящего и сложного в эксплуатации оборудования (синхронные компенсаторы, статические тиристорные компенсаторы).
- ограничить использование сложной системы коммутации шунтирующих реакторов (нерегулируемых) на линиях.
- как следствие - повысить технико-экономические показатели электроэнергетических систем и передач переменного тока.

Рассмотрим эффективность применения УШР и БСК подключенных в узле 65 (Бишкек ТЭЦ) и работающих параллельно, их влияние на статическую устойчивость рассматриваемой энергосистемы.

4.2.1. Моделирование УШР в программе RastrWin

Моделирование УШР произведем для узла 65 (Бишкек ТЭЦ) с минимальным значением напряжения в послеаварийном режиме.

Наблюдаем что в послеаварийном режиме значение в рассматриваемом узле равно 89,31 кВ. Коэффициент статической устойчивости равен $K_3=4,937\%$. Необходимо обеспечить коэффициент запаса по статической устойчивости для послеаварийного режима не менее 8%. Обеспечить в узле 65 значение напряжения постоянным значением 115 кВ. [1]

Исходные данные для УШР:

$N_{\text{узла}}$ – номер узла, в котором подключен УШР;

$S_{\text{ном}}$ – номинальная мощность УШР ($Q_{\text{ном}}$);

$U_{\text{ном}}$ – номинальное рабочее напряжение;

$T_{\text{уст1}}$ – тип уставки;

V – напряжение;

$U_{\text{ст1}}$ – значение уставки (в зависимости от типа), уставка по напряжению задается для нулевого тока;

$\text{Min} - \text{Max}$ – диапазоны регулирования (в программе вне зависимости от задания единиц измерения пределов регулирования используются пересчитанные эквивалентные проводимости ($B_{\text{min}} - B_{\text{max}}$));

$K_{\text{ст}}$ – коэффициент статизма (%) (используется при задании уставки по напряжению).

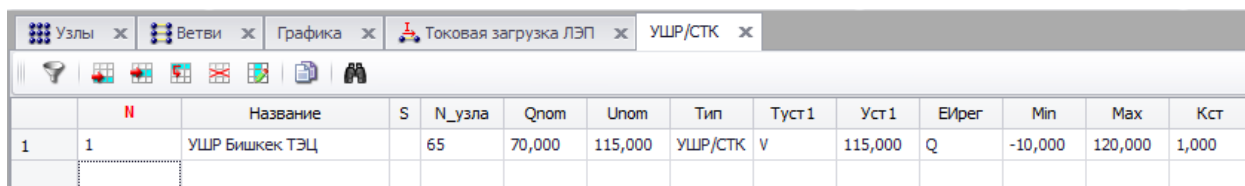
Примечания:

1. узел, к которому подключается УШР, не должен содержать генерацию и регулирование напряжения. Для получения сбалансированного режима в результате расчета в узле будет сформирована фиктивная генерация, равная генерирующей мощности УШР.

2. К одному узлу можно подключать несколько УШР, но, в зависимости от задания уставок по напряжению, это может приводить к значительным уравнительным токам между ними.

3. Вне зависимости от задания единиц измерения диапазоны регулирования пересчитываются в соответствующие проводимости для УШР при номинальных значениях параметров.

4. Заданная уставка по напряжению соответствует нулевому току.



	N	Название	S	N_узла	Qном	Unom	Тип	Туст1	Уст1	ЕIper	Min	Max	Кст
1	1	УШР Бишкек ТЭЦ		65	70,000	115,000	УШР/СТК	V	115,000	Q	-10,000	120,000	1,000

Рисунок 4.6. – моделирование УШР

Узлы

Ветви

Токовая нагрузка ЛЭП

УШР/СТК

Графика

Токовая нагрузка Тр-ров

Узлы

Ветви

	O	S	Тип	Номер	Название	U_ном	N...	P_н	Q_н	P_г	Q_г	V_зд	Q_min	Q_max	B_ш	V	Delta
1	<input type="checkbox"/>		Нагр	69	БСК	110									-6 800,0	115,23	-51,06
2	<input type="checkbox"/>		Ген-	124	Лочин	220				38,0		220,0		50,0		240,97	-23,82

Рисунок 4.7. – Моделирование БСК

Следует отметить что, при использовании комбинации УШР и БСК мощность УШР обычно выбирается больше мощности КБ, чтобы УШР в случае необходимости шунтировал излишек реактивной мощности в узле куда они устанавливаются.

Выбираем мощность УШР $Q_{УШР}=126$ МВар.

После установки УШР комбинированный с БСК в наблюдаем, что напряжение в рассматриваемом узле поддерживается на уровне желаемого значения 115 кВ в нормальном и послеаварийном режимах. На рисунке 10 приведен фрагмент энергосистемы после установки УШР и БСК.

поддерживать желаемое значение напряжения как режиме нормальных нагрузок, так и в послеаварийном режиме.

Для выявления влияния данного мероприятия на статическую устойчивость энергосистемы по слабой связи 26-48 в послеаварийном режиме производим утяжеление энергосистемы в программе Mustang.

```
Номер шага: 7
Мин. напряжение в схеме: 0.772 узел: 51
Макс. разность углов напряжений в схеме: 20.746 [град], ветвь: 26-48-0
Значения узловых воздействий:
Узел 51 Pн = 168.0078
Расчет прекращен, количество делений шага > 10
Файл протокол - SSPREP.TXT
Утяжеленный режим сохранен в файл - C:\Users\user\Desktop\Работа по ВКР\tmpPfCaseFin.ssp
```

Рисунок 4.6. – Протокол утяжеления послеаварийного режима с УШР в узле 65 (Бишкек ТЭЦ)

Таблица 4.3. – Утяжеление послеаварийного режима с установкой УШР в узле 65 (Бишкек ТЭЦ)

P _{ij}	P _{ij}	P _{ij}
26-34-2	26-48-0	26-31-0
89.485	159.827	82.683
93.508	178.906	86.373
95.974	190.273	89.594
96.770	193.739	90.870
97.338	196.049	91.954
97.456	196.494	92.213
97.555	196.855	92.448
97.593	196.988	92.542

Вычисление коэффициента запаса по статической устойчивости в послеаварийном режиме с применением мероприятия по увеличению предела по статической устойчивости в рассматриваемых областях энергосистемы.

$$K_3^H = \frac{P_{np}^H - P_H}{P_H} \times 100\% = \frac{196,988 - 159,827}{159,827} \times 100\% = 23,3\%$$

Значение коэффициента запаса статической устойчивости энергосистемы по связи указанный в протоколе при утяжелении режима по связи ВЛ 220 кВ Фрунзе – Ала-Арча находится на уровне нормативного значения. Делаем вывод, что применение УШР в узле позволило поддержать желаемый уровень напряжения в узле и обеспечило увеличение коэффициента запаса

статической устойчивости энергосистемы в послеаварийном режиме с 5% до 23%.

4.3. Сравнение средств обеспечения статической устойчивости

По итогам проделанных работ в разделах 4.1.2 и 4.2.1 видно, что Применение FACTS-технологии (УШР совместно с БСК) повышает статическую устойчивость энергосистемы на 18%, тогда как традиционные средство (БСК без УШР) увеличивает на 5,3%.

Для наглядности эффективности применения FACTS – технологии произведем сравнительный анализ работы установок УШР с БСК и отдельно БСК в программе RastWin. Для этого понаблюдаем за реакцией установок FACTS – технологии (УШР с БСК) и традиционной - БСК при увеличении и уменьшении значения нагрузки в узле 65, где рассматривается эффективность применения рассматриваемых технологий.

31	<input type="checkbox"/>	Нагр	63	Быстровка	110	1	9,2								115,69	-46,13
32	<input type="checkbox"/>	Нагр	64	Токумак	110	1	41,0	5,1							115,86	-48,05
33	<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	65	ТЭЦ Бишкек	110	1	374,0	131,0							115,00	-52,18
34	<input type="checkbox"/>	Нагр	66	Главная	110	1	49,0	25,5							116,12	-49,35
35	<input type="checkbox"/>	Нагр	67	ФУ АТ-1 Главная 220	220	1									207,46	-49,36
36	<input type="checkbox"/>	Нагр	68	ФУ АТ-2 Главная 220	220	1									207,46	-49,36

выбрана 60 записей из 60

Рисунок 4.7. – Реакция УШР при увеличении нагрузок в узле 65 на 30%

<input type="checkbox"/>	Нагр	63	Быстровка	110	1	9,2									117,29	-40,03
<input type="checkbox"/>	Нагр	64	Токумак	110	1	41,0	5,1								117,20	-41,11
<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	65	ТЭЦ Бишкек	110	1	202,0	51,0								115,10	-42,21
<input type="checkbox"/>	Нагр	66	Главная	110	1	49,0	25,5								117,23	-41,08
<input type="checkbox"/>	Нагр	67	ФУ АТ-1 Главная 220	220	1										209,42	-41,10

Рисунок 4.8. – Реакция УШР при уменьшении нагрузок в узле 65 на 30%

Установка УШР и БСК работая совместно позволяют поддерживать значение напряжения постоянным в месте их установки не зависимо от изменения нагрузки в узле.

31	<input type="checkbox"/>	Нагр	63	Быстровка	110	1	9,2								115,42	-46,09
32	<input type="checkbox"/>	Нагр	64	Токумак	110	1	41,0	5,1							115,54	-48,00
33	<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	65	ТЭЦ Бишкек	110	1	374,0	131,0							114,49	-52,12
34	<input type="checkbox"/>	Нагр	66	Главная	110	1	49,0	25,5							115,74	-49,30
35	<input type="checkbox"/>	Нагр	67	ФУ АТ-1 Главная 220	220	1									206,78	-49,31

Рисунок 4.9. – Реакция БСК при увеличении нагрузок в узле 65 на 30%

<input type="checkbox"/>	Нагр	63	Быстровка	110	1	9,2									127,26	-41,37
<input type="checkbox"/>	Нагр	64	Токумак	110	1	41,0	5,1								128,83	-42,54
<input checked="" type="checkbox"/>	Нагр	65	ТЭЦ Бишкек	110	1	202,0	51,0								132,40	-44,19
<input type="checkbox"/>	Нагр	66	Главная	110	1	49,0	25,5								131,13	-42,88
<input type="checkbox"/>	Нагр	67	ФУ АТ-1 Главная 220	220	1										234,24	-42,89

Рисунок 4.10. – Реакция БСК при уменьшении нагрузок в узле 65 на 30%

БСК при увеличении нагрузки обеспечивает значение напряжения в узле его установки равным 114,49 кВ. При снижении нагрузки наблюдается увеличение напряжения до значения 132,40 кВ, что выше максимально допустимого рабочего напряжения (125 кВ для сетей класса напряжения 110 кВ). [8]

Вывод по четвертому разделу

В настоящее время БСК находит распространенное применение в энергосистеме Киргизии для поддержания напряжений в узловых подстанциях во время сезонных колебаний нагрузок и поддержания запаса статической устойчивости энергосистемы в целом.

Показатель роста нагрузок на 5% в год в Киргизии постепенно приводит к загрузке ЛЭП по мощности, значительная часть трансформаторов находятся в состоянии моральной и физической усталости. Все это приводит к ухудшению статической устойчивости энергосистемы.

Применение FACTS – устройств эффективнее применения традиционных средств. Применение FACTS – устройств дает возможность повышения статической устойчивости исследуемой ЭС в более широком диапазоне. Так же применение FACTS – технологии (УШР и БСК) позволяет поддерживать желаемое значение напряжения в узле его присоединения независимо от скачков нагрузок и напряжений в другой части энергосистемы, обеспечивает плавность регулирования, тогда как применение БСК в качестве традиционного средства компенсации реактивной мощности не обеспечивает плавности регулирования. Нет необходимости коммутирования выключателем для управления установкой.

5.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки проекта;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет НТП;
- произвести оценку ресурсной и экономической эффективности исследовательской работы.

5.1. Инициализация проекта и его потенциальные потребители

Исследование статических характеристик нагрузки получаемых экспериментальным путем, по данным пассивного эксперимента, можно считать элементом, основой для создания полной, универсальной методики по определению статических характеристик нагрузки посредством пассивного эксперимента.

Потенциальным потребителем результатов исследования можно считать ОАО «СО ЕЭС», заинтересованное в создании методики достоверного расчета статических характеристик нагрузки, а также научное сообщество ученых, работающих в данном направлении.

5.2. Организация и планирование НТП

Для выполнения проектирования формируется рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и магистрант. На каждый вид запланированных работ установлена соответствующая должность исполнителей.

Составлен перечень этапов и работ в рамках проведения проектирования и произведено распределение исполнителей по видам работ. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей по данным видам работ приведены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор направления исследования	1	Подбор литературы и материалов по теме исследования	Научный руководитель и магистрант
Выбор объекта исследования	2	Анализ литературы и материалов по теме исследования	Магистрант совместно с научным руководителем
Разработка цели исследования	3	Поиск проблемы исследования	Научный руководитель и магистрант
Исследование	4	Планирование основного вычислительного эксперимента	Магистрант совместно с научным руководителем
	5	Выполнение основного вычислительного эксперимента	Магистрант
	6	Анализ и обобщение результатов основного вычислительного эксперимента	Магистрант
Публикация статьи по теме исследования	7	Написание статьи по теме исследования	Научный руководитель и магистрант
	8	Публикация статьи	Научный руководитель
Исследование	9	Планирование типовых вычислительных экспериментов	Магистрант
	10	Выполнение типовых вычислительных экспериментов	Магистрант
	11	Анализ и обобщение	Магистран

		результатов вычислительных экспериментов	типовых
Подготовка отчета	12	Составление пояснительной записки	Магистрант
	13	Проверка пояснительной записки	Научный руководитель
	14	Правки пояснительной записки в соответствии с замечаниями	Магистрант
Защита магистерской диссертации	15	Подготовка доклада и иллюстративного материала	Магистрант

4.3. SWOT – анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 5.2– Матрица SWOT

		Сильные стороны	Слабые стороны
		С1. Новизна научного проекта С2. Квалифицированный персонал	Сл1. Отсутствие профессиональных математиков, занимающихся проектом
Возможности	В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Кадровые ресурсы ТПУ В3. Потребность в исследовании направления		
Угрозы	У1. Разработка нового метода превосходящей предлагаемого метода по точности и простоте		

Таблица 5.3 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные и слабые стороны проекта				
		C1	C2	Сл1	Сл2
Возможности и угрозы	B1	+	-	-	-
	B2	+	-	-	+
	B3	+	+	-	-
	У1	+	-	+	-

B1C1) Использование инновационной структуры ТПУ с целью углубления исследования, увеличения качества исследований.

B2C1) Привлечение квалифицированных сотрудников для ускорения исследований.

B3C1) Представление результатов на конференциях с целью увеличения заинтересованности в услугах расчета СХН

B3C2) Увеличение качества производимых исследований с целью увеличения заинтересованности в услугах расчета СХН

У1C1) Подача заявок на гранты на основании результатов исследований

У1Сл1) Обоснование ценности научной разработки на конференциях

5.4. Инициация проекта

Таблица 5.4 – Иерархия целей проекта и критерии достижения

Цели проекта:	Исследование эффективности применения FACTS – технологии в энергосистеме Киргизии
Ожидаемые результаты проекта:	Повышение коэффициента устойчивости энергосистемы Киргизии
Критерии приемки результата проекта:	Показатели эффективности использования FACTS-технологии относительно традиционных средств повышения статической устойчивости ЭС
Требование к результату проекта:	Использование программного комплекса «RastrWin» для построения модели ЭС
Обоснованность методики	
Технологическая и экономическая выгодность, реализуемость результатов исследования	

Таблица 4.5 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Подбор литературы и материалов по теме исследования	60	01.09.14	31.10.14	Научный руководитель и магистрант
2	Анализ литературы и материалов по теме исследования	120	01.11.14	28.02.15	Магистрант совместно с научным руководителем
3	Поиск проблемы исследования	15	01.03.15	15.03.15	Научный руководитель и магистрант
4	Планирование основного вычислительного эксперимента	30	16.03.15	15.04.15	Магистрант совместно с научным руководителем
5	Выполнение основного вычислительного эксперимента	45	16.04.15	31.05.15	Магистрант
6	Анализ и обобщение результатов основного вычислительного эксперимента	60	01.06.15	31.09.15	Магистрант
7	Написание статьи по теме исследования	90	01.10.15	31.12.15	Научный руководитель и магистрант
8	Публикация статьи	90	01.01.16	31.03.16	Научный руководитель
9	Планирование типовых вычислительных экспериментов	15	01.10.15	15.10.15	Магистрант
10	Выполнение типовых	15	16.10.15	31.10.15	Магистрант
11	Анализ и обобщение результатов типовых вычислительных экспериментов	60	01.11.15	31.12.15	Магистрант
12	Составление отчета	120	01.01.16	30.03.16	Магистрант

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
13	Проверка отчета	15	01.04.16	15.04.16	Научный руководитель
14	Правки пояснительной записки в соответствии с замечаниями	30	16.04.16	15.05.16	Магистрант
15	Подготовка доклада и иллюстративного материала	7	16.05.16	22.05.16	Магистрант

Расчёт продолжительности этапов работ осуществляется опытно-статистическим методом, реализуемый экспертным способом. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ используется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{3t_{\min} + 2t_{\max}}{5}, \quad (5.1)$$

где t_{\min} – минимальная продолжительность работы, дней;

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дней.

Для выполнения перечисленных в таблице 6.1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести её в календарные дни. Расчёт продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{рД}$) ведётся по формуле:

$$T_{рД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{д}, \quad (5.2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дней;

$K_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определённых длительностей в данной работе $K_{\text{вн}} = 0.9$;

$K_{\text{д}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, в данном случае $K_{\text{д}} = 1$.

Расчёт продолжительности этапа в календарных днях ведётся по формуле:

$$T_{\text{кд}} = T_{\text{рд}} \cdot T_{\text{к}}, \quad (4.3)$$

где $T_{\text{кд}}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{\text{к}}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле (4.4).

$$T_{\text{к}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вд}}}, \quad (4.4)$$

где $T_{\text{кал}}$ – календарные дни ($T_{\text{кал}} = 366$);

$T_{\text{вд}}$ – выходные и праздничные дни.

Так как исполнитель и научный руководитель работают по разному количеству дней, то необходимо вычислить два коэффициента, для пятидневной рабочей недели и шестидневной.

Для пятидневной: $T_{\text{вд}} = 119$.

$$T_{\text{к}} = \frac{366}{366 - 119} = 1,48$$

Для шестидневной: $T_{\text{вд}} = 66$.

$$T_{\text{к}} = \frac{366}{366 - 66} = 1,22$$

В таблице 5.6 приведён пример определения продолжительности этапов работ и их трудоёмкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах (3–5) реализован экспертный способ по формуле (4.1). Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоёмкости этапа для каждого из двух участников проекта (научный руководитель и инженер) с учётом коэффициента $K_{\text{д}} = 1$.

Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $t_{\text{ож}} \cdot K_{\text{д}}$. Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоёмкости, выраженные в календарных днях путём дополнительного умножения на $T_{\text{к}}$. Итог по столбцу 5 даёт общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоёмкости для каждого из участников проекта. Две последних величины далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты. Величины трудоёмкости этапов по исполнителям $T_{\text{кд}}$ (данные столбцов 8 и 9 кроме итогов).

Таблица 5.6 – Трудозатраты на выполнение НИР

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоёмкость работ по исполнителям чел.- дней			
					Т _{рд}		Т _{кд}	
		t _{min}	t _{max}	t _{ож}	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач	НР	7	14	9,80	10,89	-	13,28	-
Составление и утверждение технического задания	НР, И	4	6	4,80	3,20	4,27	3,90	6,31
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	16	24	19,20	6,40	21,33	7,81	31,57
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,80	1,56	1,55	1,90	2,30
Определение и утверждение темы диссертации	НР, И	1	3	1,80	1,20	1,60	1,46	2,37
Анализ электроприемников потребителей	И	4	8	5,60	-	6,22	-	9,21
Анализ каналов связи АСКУЭ	И	4	8	5,60	-	6,22	-	9,21
Разработка алгоритма сжатия параметров режима нагрузки	И	30	60	42,00	-	38,27	-	69,07
Разработка программы анализа нагрузочных потерь электроэнергии	И	20	40	28,00	-	31,11	-	46,04
Оформление диссертации	НР, И	22	36	27,60	9,20	30,67	11,22	45,39
Итого:				147,20	32,45	141,24	39,58	221,47

Таблица 6.6 – Календарный план-график проведения НИ

Код работы (из ИСР)	Исполнители	Т _{к.} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																			
			Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Магистрант и руководитель	60																				
2	Магистрант и руководитель	120																				
3	Магистрант и руководитель	15																				
4	Магистрант и руководитель	30																				
5	Магистрант	45																				
6	Магистрант	60																				
7	Магистрант и руководитель	90																				
8	Руководитель	90																				
9	Магистрант	15																				
10	Магистрант	15																				
11	Магистрант	60																				
12	Магистрант	105																				
13	Руководитель	15																				
14	Магистрант	30																				
15	Магистрант	7																				

5.5. Бюджет научного исследования

Стоимость материалов определяется методом сметного калькулирования, основанном на прямом определении затрат по отдельным статьям по формуле (5.5).

$$З_m = (1 + k_T) \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{расхи}, \quad (5.5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 5.7 – Материальные затраты

№	Наименование изделия	Количество (ед. штук, упаковок)	Цена единицы изделия, руб.	Общая стоимость изделия, руб.
1	RstrWin (студ. версия)	1	0	0
2	MS Office 2013	1	2 429,58	2 429,58
3	Бумага формата А4	3	250	750
4	Ручки и карандаши	8	25	200
5	Картридж ч/б	1	500	500
6	Скобы для степлера	5	20	100
Итого:	3980,58 руб.			

Таким образом, сумма материальных затрат составляет 3980,58руб.

Расчет заработной платы основных исполнителей НИР

Размер основной заработной платы устанавливается, исходя из численности исполнителей, трудоемкости и средней заработной платы за один рабочий

день и рассчитывается по формуле (5.6).

$$ЗП_{осн} = \sum_{i=1}^n T_i \cdot СЗП \quad (5.6)$$

где n - количество участников в i -ой работе;

T_i - затраты труда (трудоемкость), необходимые для выполнения i -го вида работ, (дни);

$СЗП$ - среднедневная заработная плата исполнителя, выполняющего i - ый вид работ, (руб/дней).

Месячный должностной оклад работника:

$$З_м = З_б \cdot (1 + k_{пр} + k_д) \cdot k_p, \quad (5.7)$$

где $З_б$ – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент , (определяется Положением об оплате труда);

$k_д$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Базовый оклад доцента ТПУ степени кандидата наук составляет 23 264,86 рублей, месячный должностной оклад составит:

$$З_м = 23264,86 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 45366,48 \text{ рублей}$$

Среднедневная заработная плата рассчитывается как отношение месячного оклада к количеству рабочих дней в месяце. Произведение трудоемкости на сумму дневной заработной платы определяет затраты по зарплате для каждого работника на все время разработки. Пример расчета основной заработной платы приведен в таблице 4.8.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (5.8):

$$ЗП_{дон} = k_{дон} \cdot ЗП_{осн}, \quad (5.8)$$

где $k_{дон} = 0,12$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным $0,12 - 0,15$).

Таблица 5.8 – Заработная плата основных исполнителей НИР

Ис пол нит ель	Оклад, руб./ме с.	Средне дневна я ставка, руб./ра б. день	Трудоем кость, раб. дн.	Основна я заработн ая плата, руб.	Дополн ительна я заработн ая плата, руб.	Зарплат а исполни теля, руб.
НР	45 366,48	2 062,11	32,45	66 915,47	8 029,86	74 945,33
И	2 275,00	113,75	141,24	16 066,05	1 927,93	17 993,98
Итого:						92 939,31

Отчисления на социальные нужды

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления органам государственного социального страхования (ФСС), Пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (федеральным (ФФОМС) и территориальным (ТФОМС)) от затрат на оплату труда работников, объединенные в форме единого социального платежа. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы (4.9):

$$C_{соц} = (ЗП_{осн} + ЗП_{дон}) \cdot k_{соц}, \quad (4.9)$$

где $k_{соц}$ – коэффициент, учитывающий социальные выплаты организации. В настоящее время $k_{соц} = 0,3$.

Итого, суммарные отчисления составят 27 881,49 руб.

Расчёт затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения НИР на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э}, \quad (4.10)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_\text{э}$ – тариф на 1 кВт·ч;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для Томской области $\text{Ц}_\text{э} = 2,17$ руб./кВт·ч.

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 4.6 и вычисляется по формуле:

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_t \cdot 8, \quad (4.11)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения НИР к $T_{\text{рд}}$, в данном случае приравнивается 0,6.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле 4.12.

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_C, \quad (4.12)$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчёт затраты на электроэнергию для технологических целей приведён в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{\text{об}}$, час	Потребляемая мощность $P_{\text{об}}$, кВт	Затраты $C_{\text{эл.об.}}$, руб.
Персональный компьютер	833,71	0,5	904,58
Итого:			904,58

Накладные расходы

В данном пункте отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от итоговой суммы, т.е.

$$C_{\text{накл}} = 0,1 \cdot C_\Sigma \quad (5.14)$$

$$C_{\Sigma} = C_{\text{м}} + C_{\text{зн}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} \quad (5.15)$$

$$C_{\text{накл}} = 0,1 \cdot C_{\Sigma} = 138276,55 \text{ руб.}$$

Следовательно, накладные расходы составили 15565,75 рублей.

Расчёт общей себестоимости НИР

Проведя расчёт по всем статьям сметы затрат, можно определить общую себестоимость научно-исследовательской работы (таблица 5.10).

Таблица 5.10 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материальные затраты	$C_{\text{м}}$	3980,58
Заработная плата исполнителя	$C_{\text{зн}}$	92 939,31
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	27 881,49
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	904,58
Накладные расходы	$C_{\text{накл}}$	12570,6
Итого:		138276,55

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 138276,55$ рублей

5.6. Смета затрат на закупку установки

Данные для расчета взяты из документа СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ОАО «ФСК ЕЭС» СТО 56947007-29.240.124-2012 .

Таблица 5.11 – Перечень установок.

1	Технические показатели оборудований	Наименование установок	
1.1	Тип установки	УШР	БСК
1.2	Мощность и количество установок	2×РТУ-63000/110	1×БСК-100МВар – 110

Таблица 5.12 - Расчет затрат на установку оборудования.

№	Наименование оборудования	Стоимость за 1 комплект, руб.	Итого, тыс.руб.
1	РТУ-63000/110	2×28200	56400
2	БСК-100МВар – 110	1×15712	40424
3	Итоговая стоимость		96824

5.6.1. Анализ экономической эффективности применения УШР

Исходные данные для расчета:

Продолжительность реализации проекта: 1 год.

Продолжительность аварийного режима: $T_{max} = 48$ часов.

Количество недоотпуска за год энергии при аварийном режиме:

$$W_{год} = P_{max} \times T_{max} = 176 \cdot 48 = 8448 \text{ тыс кВт} \cdot \text{час.}$$

Таблица 5.13

Показатель	Значения
Ставка дисконтирования, о.е.	0,13
Недоотпуск электроэнергии, тыс кВт·ч	8448
Норма отчислений на амортизацию, о.е.	0,033
Норма отчислений на ремонт и обслуживание, о.е.	0,008
Тариф за электроэнергию, руб. за кВт·ч	1

Показатель	Значения
Налоговая ставка, о.е.	0,2
Доля капитальный вложений, тыс. руб./год	96824

Определим приведенные капитальные вложения с учетом того, что их необходимо распределить по годам строительства равномерно и привести к году окончания строительства и начала эксплуатации сети (к 2 году):

$$K_1 = 96824 \text{ тыс. руб.}$$

$$K_{np1} = K \cdot (1 + E)^{2-1} = 96824 \cdot (1 + 0,13)^1 = 109411 \text{ тыс. руб.}$$

Произведем расчет ежегодных амортизационных отчислений на примере второго года расчетного периода:

$$I_{ам} = H_{ам} \cdot K_{np1} = 0,03 \cdot 109,411 = 3282,33 \text{ тыс. руб.}$$

Вычислим ежегодные издержки на обслуживание и ремонт ВЛ на примере 2 года расчетного периода:

$$I_{об.рем.} = H_{об.рем.} \cdot K_{np1} = 0,008 \cdot 109,411 = 875,289 \text{ тыс. руб.}$$

Суммарные эксплуатационные издержки за год расчетного периода:

$$I_{экс} = I_{ам} + I_{об.рем.} = 4157,62 \text{ тыс. руб.}$$

Рассчитаем балансовую прибыль за первый год эксплуатации:

$$П_{б1} = \tau \cdot W_{год} - I_{экс2} = 0,8 \cdot 8448 - 4157 = 2601,4 \text{ тыс. руб.}$$

Определим чистую прибыль от установки УШР. Модифицируем в платёжный ряд балансовые прибыли на платёжный ряд, возникающий вследствие налогообложения. Вычислим налог для второго года:

$$H = \alpha_{np} \cdot П_{б1} = 0,3 \cdot 2601,4 = 780,42 \text{ тыс. руб.}$$

Рассчитаем чистую прибыль с учетом налога:

$$П_ч = П_{б} - H = 2601,4 - 780 = 1820,98 \text{ тыс. руб.}$$

Доход от после установки УШР:

$$Д = П_ч + I_{ам} = 1820,98 + 3282,334 = 5103,31 \text{ тыс. руб}$$

Вычислим дисконтированный доход, который получит предприятие на 1-й год:

$$ДД = \frac{Д_1}{(1 + E)^{2-1}} = \frac{5103,31}{(1 + 0,13)^0} = 4516,207 \text{ тыс. руб.}$$

Определим чистый дисконтированный доход, как разницу между дисконтированным доходом и приведенными капитальными вложениями:

$$\mathcal{E}_0 = ДД - K_{np1} = 4516,207 - 109411 = -104895 \text{ тыс. руб.}$$

Полученный доход получился положительным, т.е. в первый год после установки УШР окупится.

Остальные результаты расчёта сведём в таблицу

Таблица 5.14 - Показатели оценки экономической эффективности УШР тыс.руб.

Годы	1	2	3	...	9	10	...	15
Приведенные кап.вложения, тыс.руб.	157261	203650,6		...				
Издержки на амортизацию, тыс.руб.	4717,829	6109,519	6109,519	...	6109,519	6109,519	...	6109,519
Издержки на обслуж. и ремонт, тыс.руб.	1258,088	1629,205	1629,205	...	1629,205	1629,205	...	1629,205
Издержки на тех. расход ээ, тыс. руб.	0	3410	3410	...	3410	3410	...	3410

Суммарные эксплуатационные издержки, тыс. руб.	0	11148,72	11148,72	...	11148,72	11148,72	...	11148,72
Балансовая прибыль, тыс. руб.	0	42480,48	42480,48	...	42480,48	42480,48	...	42480,48
Налог, перечисляемый в бюджет, тыс. руб.	0	12744,14	12744,14	...	12744,14	12744,14	...	12744,14
Чистая прибыль,	0	29736,3	29736,3	...	29736,3	29736,3	...	29736,3

тыс. руб.		3	3		3	3		3
Доход предприятия, тыс.руб.	0	35845,8	35845,8	...	35845,8	35845,8	...	35845,8
Дисконтированный доход, тыс. руб.	0	35845,8	31721,9	...	15236,6	13483,7	...	1035,53
ЧДД, тыс. руб.	-20365 1	-167805	-136083	...	-9272,2	4211,25	...	1035,53
Всего		303617,5						
Индекс доходности		1,490874						

Построим график изменения чистого дисконтированного дохода по годам расчетного периода и определяем графически срок окупаемости проекта:

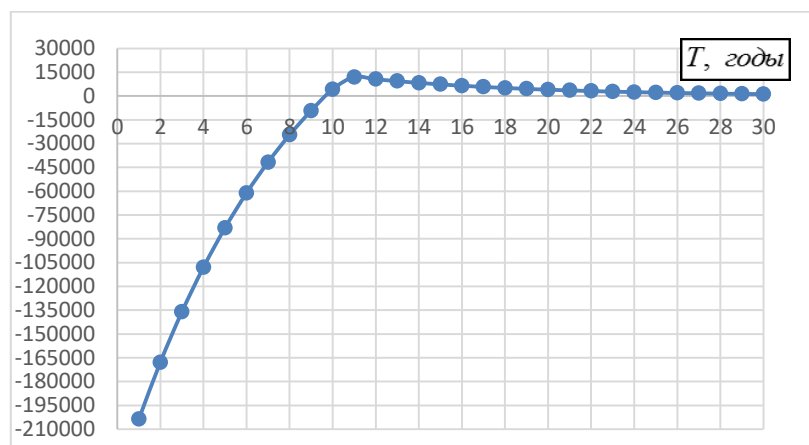


Рисунок 4.1. График изменения чистого дисконтированного дохода по годам расчетного периода

Основными оценочными показателями являются срок окупаемости, индекс рентабельности и IRR (внутренняя норма доходности). Рассмотрим каждый из них:

1) дисконтированный срок окупаемости характеризует период времени, в течение которого полностью возмещаются дисконтированные капитальные вложения за счет чистого дохода, полученного при эксплуатации объекта. Определим $T_{ок}$ из графика зависимости ЧДД от расчетного периода.

Исходное значение $T_{ок}$ находится на пересечении данной зависимости с осью абсцисс. Получаем $T_{ок}$ примерно 10 лет.

Период окупаемости проекта получился меньше расчетного периода, следовательно, проект считается экономически эффективным.

2) индекс рентабельности – это показатель, позволяющий определить, в какой мере возрастет благосостояние инвестора за счет каждого вложенного рубля инвестиций:

$$I_R = \frac{\Pi_{\text{чд}}}{K} = \frac{ДД_{\Sigma}}{K_{\text{пр2}}} = 1,8.$$

Полученное значение индекса рентабельности 1,8 следовательно, проект считается эффективным.

Внутренняя норма доходности (прибыли, внутренний коэффициент окупаемости, Internal Rate of Return - IRR) - норма прибыли, порожденная инвестицией. Это та норма прибыли (барьерная ставка, ставка дисконтирования), при которой чистая текущая стоимость инвестиции равна нулю, или это та ставка дисконта, при которой дисконтированные доходы от проекта равны инвестиционным затратам. Внутренняя норма доходности определяет максимально приемлемую ставку дисконта, при которой можно инвестировать средства без каких-либо потерь для собственника.

$IRR = r$, при котором $\mathcal{E}_{o2} = ДД_2 - K_{\text{пр2}} = 0$

Определим зависимость изменения $\mathcal{E}_{o2} = f(r)$, расчет проводим на программе Microsoft Excel.

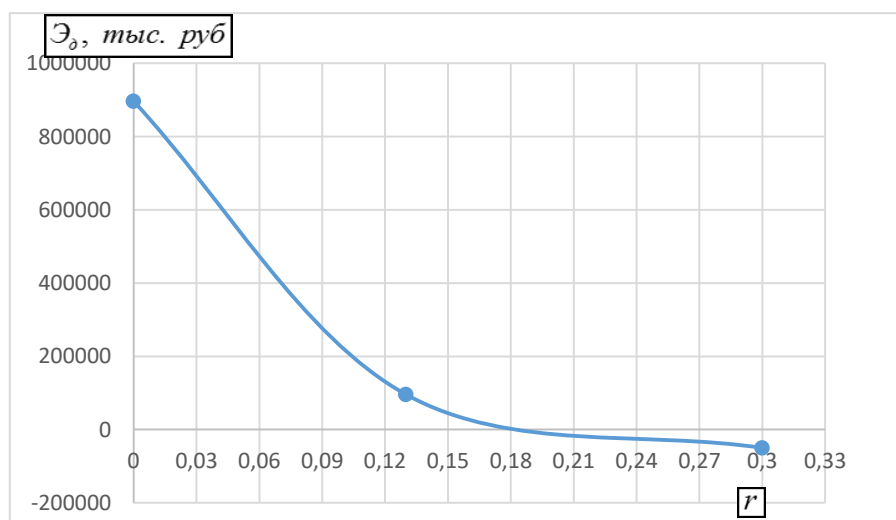


Рисунок 4.2. Зависимость $\mathcal{E}_{o2} = f(r)$

Заключение по пятому разделу

Произведен предпроектный анализ, составлена структура работ в рамках технического проектирования.

В процессе SWOT-анализа выявлены сильные и слабые стороны, а также возможности и угрозы проекта с развитием науки и техники, сделаны выводы об необходимых действиях с целью развития проекта.

Готовность проекта к коммерциализации недостаточна из-за нехватки времени выделенные на осуществления данного проекта.

Приведен бюджет и стоимость заработных плат сотрудникам научного проекта.

Из графика видно, что чистый дисконтированный доход сильно зависит от изменения нормы доходности (r), тем не менее величина IRR составляет 0,18 больше r , это означает проект можно осуществить.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Местом выполнения исследований является учебная аудитория, оборудованная персональным компьютером (ПК). В разделе социальная ответственность в качестве рабочей зоны рассмотрена учебная аудитория 253 корпуса 8 ТПУ оборудованная ПК.

6.1. Техногенная безопасность

Аудитория 253 восьмого корпуса ТПУ является помещением линейными размерами 5х10 м, высотой 3 м, находится на втором этаже здания.

Имеется окна, в которые проникает солнечный свет. С противоположной от окна стороны находится дверной проем. Кабинет оборудован восемью светильниками общего освещения. Аудитория располагает шестью рабочими местами, оборудованными персональными компьютерами. Расположение элементов рабочей зоны приведено на рисунке 5.1.

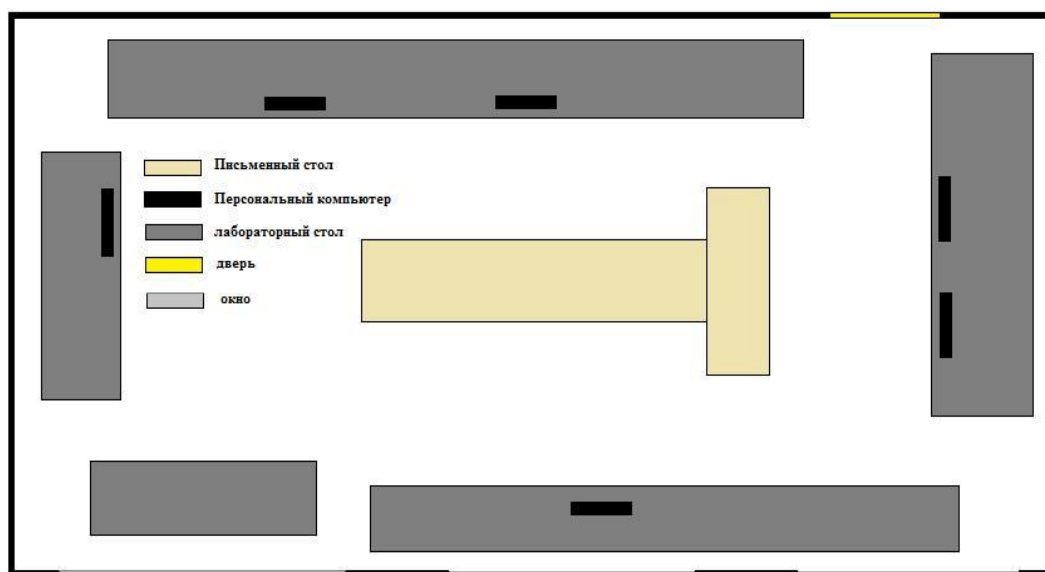


Рисунок 6.1 – План аудитории 253 восьмого корпуса ТПУ.

В параграфе «Техногенная безопасность» необходимо проанализировать факторы рабочей зоны на предмет выявления их вредных и опасных проявлений. К первой группе факторов относят микроклимат помещения, освещение рабочей зоны, электромагнитное поле и шум, а также

психофизические факторы. В качестве второй группы необходимо рассмотреть возможность поражения электрическим током.

6.2. Освещение

Большее количество информации внешнего мира воспринимается человеком через зрительные органы. Качество восприятия информации зависит в большой степени от освещенности зоны, в которой находится человек. В случае, если освещение является неудовлетворительным, возможно искажение получаемой информации, утомление зрения и организма в целом, причинение травм вследствие потери ориентации, снижение производительности труда [1].

Одним из основных количественных показателей, характеризующих освещение, является освещенность – это поверхностная плотность светового потока. Единица освещенности – люкс (лк). Один лк – это освещенность 1 м^2 поверхности при падении на нее светового потока в 1 лм.

При освещении производственных помещений используют естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода, искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками света, и комбинированное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняют искусственным. В случае данной рабочей зоны естественное освещение чрезвычайно мало, поэтому выбору искусственного освещения уделено высокое внимание [2].

Освещение в помещениях регламентируется нормами в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном. Характеристика зрительной работы определяется наименьшим размером объекта различения. Основной задачей светотехнических расчётов для искусственного освещения является определение требуемой мощности электрической осветительной установки

для создания заданной освещённости. В расчётном задании должны быть решены вопросы выбора и расчета [3]:

- системы освещения;
- источников света;
- светильников и их размещение;
- нормируемой освещённости;
- освещения методом светового потока.

Выбор системы освещения. Для производственных помещений всех назначений применяются системы общего (равномерного или локализованного) и комбинированного (общего и местного) освещения. Система комбинированного освещения применяется для производственных помещений, в которых выполняются точные зрительные работы. Для данной рабочей зоны рассчитывается общее равномерное освещение.

Выбор источников света. Источники света, применяемые для искусственного освещения, делят на две группы – газоразрядные лампы и лампы накаливания. Для общего освещения, как правило, применяются газоразрядные лампы как энергетически более экономичные и обладающие большим сроком службы. Наиболее распространёнными являются люминесцентные лампы. Выбираем люминесцентные лампы стандартной цветопередачи T8 G13, диаметром 26 мм фирмы Philips [4].

Выбор светильников и их размещение. Светильник – прибор, перераспределяющий свет ламп внутри больших телесных углов и обеспечивающий угловую концентрацию светового потока. Выбираем светильник накладной WRS/S, крепящийся на поверхность потолка, под люминесцентную лампу 26 мм (T8 G13), мощностью 4x18 Вт, производитель «Световые Технологии» [5]. Параметры светильника: 610x625x80 мм.

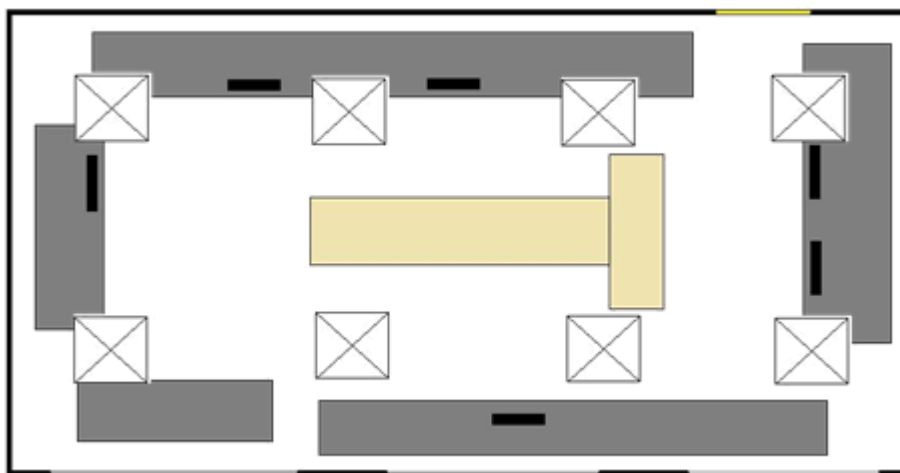


Рисунок 5.2 – План размещения светильников в помещении

Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами:

- $H=2,8$ – высота помещения, м;
- $h_c=0,08$ – расстояние светильников от перекрытия (свес), м;
- $h_n = H - h_c=2,72$ – высота светильника над полом, высота подвеса, м;
- $h_p=0,7$ – высота рабочей поверхности над полом, м;
- $h = h_n - h_p= 2,02$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью, м;
- L – расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B),

- l – расстояние от крайних светильников или рядов до стены.
- Оптимальное расстояние l от крайнего ряда светильников до стены рекомендуется принимать равным $L/3$.

Наилучшими вариантами равномерного размещения светильников являются шахматное размещение и по сторонам квадрата (расстояния между светильниками в ряду и между рядами светильников равны). Разместим светильники по сторонам квадрата.

При равномерном размещении люминесцентных светильников последние располагаются обычно рядами – параллельно рядам оборудования.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина $\lambda = L/h$ – наивыгоднейшее расстояние между осветительными приборами, уменьшение которого удорожает устройство и обслуживание освещения, а чрезмерное увеличение ведёт к резкой неравномерности освещённости. Эта величина зависит от кривой силы света светильника. Для косинусной кривой силы света (кривая типа Д), характерной для выбранного светильника, $\lambda = 1,2 \dots 1,6$. Принимаем $\lambda = 1,4$.

Расстояние между светильниками L определяется как:

$$L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,02 = 2,83 \text{ м.}$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены:

$$l = L/3 = (\lambda \cdot h)/3 = 0,94 \text{ м.}$$

Количество рядов светильников и светильников в ряду одинаково (по причине квадратной формы помещения) определим по формуле:

$$N=M=A/L=5/2,83=1,77 \approx 2$$

где A – ширина помещения;

L – расстояние между светильниками.

Общее количество светильников равно:

$$n=N^2=2^2=4$$

Выбор нормируемой освещённости. Основные требования и значения нормируемой освещённости рабочих поверхностей изложены в СНиП 23-05-95 [6]. Выбор освещённости осуществляется в зависимости от размера объёма различения (толщина линии, риски, высота буквы), контраста объекта с фоном, характеристики фона.

В соответствии с требованиями по работе ПК, при работе с экраном в сочетании с работой над документами наиболее оптимальной для работы с экраном является освещённость 300 лк [7].

Расчёт общего равномерного освещения.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Световой

поток лампы накаливания или группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле [2]:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_z \cdot z}{N \cdot n \cdot \eta} \cdot 100 = \frac{300 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{4 \cdot 8 \cdot 53} \cdot 100 = 1459 \text{ лм}$$

где E_n – нормируемая минимальная освещённость, лк;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

K_z – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника,

наличие в атмосфере цеха дыма, пыли; для помещения с малым выделением пыли принимаем равным 1,5 [3];

z – коэффициент неравномерности освещения, отношение $E_{\text{ср.}}/E_{\text{min}}$; для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1;

N – число ламп в светильнике, шт; n

– число светильников;

η – коэффициент использования светового потока, %.

Коэффициент использования светового потока показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность. Он зависит от индекса помещения i , типа светильника, высоты светильников над рабочей поверхностью h и коэффициентов отражения стен ρ_c и потолка ρ_n .

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)} = 1,238$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно $\rho_c=50\%$ и потолка $\rho_n=30\%$. Значения коэффициента использования светового потока светильников с люминесцентными лампами примем равным 53 % [3].

Рассчитав световой поток Φ , зная тип лампы, выбираем ближайшую стандартную лампу – Philips TL-D 18W/54-765 мощностью 18 Вт. Характеристики такого типа ламп приведены в таблице 1 [4].

Таблица 6.1 – Характеристики выбранного типа ламп

Артикул	Мощность, Вт	Световой поток, Лм	Цветовая температура, К	Цоколь	L, мм	D, мм	Произво дитель
TL-D 18W/54- 765	18	1450	6500	G13	590	26	Philips

Проведенный расчет вполне соответствует реализованному в настоящее время варианту освещения в помещении – четыре светильника с четырьмя люминесцентными лампами по 18 Вт каждая. Приведем план расположения светильников в помещении в соответствии с расчетом (рисунок 5.2).

6.3. Шум

Шум — беспорядочные колебания различной физической природы, отличающиеся сложностью временной и спектральной структуры. Длительное воздействие шума может привести к ухудшению слуха, а в отдельных случаях – к глухоте. Шумовое загрязнение среды на рабочем месте неблагоприятно воздействует на работающих: снижается внимание, увеличивается расход энергии при одинаковой физической нагрузке, замедляется скорость психических реакций и т.п. В результате снижается производительность труда и качество выполняемой работы.

Уровни шума на рабочих местах пользователей персональных компьютеров не должны превышать значений, установленных [7, 8]. Рабочая зона соотносится с категорией «Высококвалифицированная работа, требующая сосредоточенности, административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории; рабочие места в помещениях цехового управленческого аппарата, в рабочих комнатах конторских помещений, в лабораториях». Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для такой категории приведены в таблице 6.2 [8].

Таблица 6.2 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука

Уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами									Уровни звука в дБА
31,5 Гц	63 Гц	125 Гц	250 Гц	500 Гц	1000 Гц	2000 Гц	4000 Гц	8000 Гц	
93 дБ	79 дБ	70 дБ	68 дБ	58 дБ	55 дБ	52 дБ	52 дБ	49 дБ	60

Приведем уровни шума источников в помещения (дБ): жесткий диск – 40, вентилятор – 45, монитор – 17, клавиатура – 10, ноутбук – 40, МФУ – 42.

Для расчета уровня шума, возникающего от нескольких источников, используется принцип энергетического суммирования излучений отдельных источников [2]:

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1L_i} = \left(5 \cdot 10^{0,1 \cdot 40} + 5 \cdot 10^{0,1 \cdot 45} + 5 \cdot 10^{0,1 \cdot 17} + 10^{0,1 \cdot 40} + 2 \cdot 10^{0,1 \cdot 42} \right) = 53,98 \text{ дБА}$$

Где, L_i – уровень звукового давления i -го источника шума;

n – количество источников шума.

По расчету получено значение звука в помещении ~54 дБА, которое не превышает предельно установленную величину в 60 дБА, что говорит о соблюдении уровня шума в рабочей зоне. Дополнительно снизить уровень шума в помещениях можно использованием звукопоглощающих материалов с максимальными коэффициентами звукопоглощения в области частот 63-8000 Гц для отделки стен и потолка помещений. Также звукопоглощающий эффект создают однотонные занавески из плотной ткани, повешенные в складку на расстоянии 15-20 см от ограждения. Ширина занавески должна быть в 2 раза больше ширины окна [9].

6.4. Микроклимат

Под микроклиматом производственных помещений понимается климат окружающей человека внутренней среды этих помещений, который

определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих его поверхностей. Перечисленные параметры – каждый в отдельности и в совокупности – оказывают влияние на работоспособность человека, его здоровье. Человек постоянно находится в процессе теплового взаимодействия с окружающей средой. Для нормального течения физиологических процессов в организме человека необходимо, чтобы выделяемое организмом тепло отводилось в окружающую среду. Когда это условие соблюдается, наступают условия комфорта и у человека не ощущается беспокоящих его тепловых ощущений - холода или перегрева [2, 9].

В соответствии с [7, 10], параметрами, характеризующими микроклимат, являются:

- температура воздуха;
- температура поверхностей;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Тип работ, выполняемых в рассматриваемом помещении, относится к категории Ia. Это работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением. Оптимальные величины показателей микроклимата приведены таблице 6.3 [10].

Таблица 6.3 – Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia	22-24	21-25	60-40	0,1
Теплый	Ia	23-25	22-26	60-40	0,1

Оптимальные параметры микроклимата в производственных помещениях обеспечиваются системами кондиционирования воздуха, а допустимые параметры — обычными системами вентиляции и отопления [9].

6.5. Электромагнитное поле

Электромагнитное поле – это особая форма материи, представляющая собой взаимосвязанные электрическое и магнитное поля. Основными источниками электромагнитных полей в помещении являются системы распределения и потребления электроэнергии; средства визуального отображения информации (мониторы); оборудование на электропитании.

Фактически основным источником электромагнитного излучения является ПК, частоты излучения приведены в таблице 4 [9]. Экспериментальные данные как отечественных, так и зарубежных исследователей свидетельствуют о высокой биологической активности электромагнитных полей во всех частотных диапазонах. При относительно высоких уровнях облучающего электромагнитного поля современная теория признает тепловой механизм воздействия. При относительно низком уровне электромагнитного поля (к примеру, для радиочастот выше 300 МГц это менее 1 мВт/см²) принято говорить о нетепловом или информационном характере воздействия на организм. Механизмы действия электромагнитного поля в этом случае еще мало изучены.

Таблица 6.4 – ПК как источник электромагнитных полей

Источник	Диапазон частот
Монитор:	
- сетевой трансформатор блока питания	50 Гц
- статический преобразователь напряжения в импульсном блоке питания	20 - 100 кГц
- блок кадровой развертки и синхронизации	48 - 160 Гц
- блок кадровой развертки и синхронизации	15 - 110 кГц
- ускоряющее анодное напряжение монитора (только для мониторов с ЭЛТ)	0 Гц (электростатика)
Системный блок (процессор)	50 Гц - 1000 МГц
Устройства ввода/вывода информации	0 Гц, 50 Гц
Источники бесперебойного питания	50 Гц, 20 - 100 кГц

В России система стандартов по электромагнитной безопасности складывается из ГОСТ [11, 12, 13] и СанПиН. Предельно допустимые значения плотности потока энергии электромагнитного поля составляют – 25 мкВт/см² в течение 8 часов, 100 мкВт/см² в течение 2 часов, при этом максимальное значение не превышает 1000 мкВт/см².

ЭМ поле с частотой от 60 кГц до 300 МГц нормируются отдельно по электрической и по магнитной составляющей, т.к. на этих частотах на человека действуют и электрическое, и магнитное поле. Для полей СВЧ диапазона (300 МГц - 300 ГГц) нормируют предельно-допустимую плотность потока энергии, которая не должна превышать 10 Вт/м². Предельно допустимые уровни электромагнитного поля для ПК приведены в таблице 5.5.

Таблица 6.5 – Предельно допустимые уровни электромагнитного поля

Источник	Диапазон	Значение ПДУ
	5 Гц - 2 кГц	$E_{пду} = 25 \text{ В/м}$ $B_{пду} = 250 \text{ нТл}$
Видеодисплейный терминал ПЭВМ		
	2 - 400 кГц	$E_{пду} = 2,5 \text{ В/м}$ $B_{пду} = 25 \text{ нТл}$
	поверхностный электростатический потенциал	$V = 500 \text{ В}$

6.6. Электробезопасность

Электробезопасность – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих электрического тока и электрической дуги. Современное производство характеризуется широким применением различных электроустановок. В этой связи большое значение в общей системе инженерно-экологических мероприятий приобретают вопросы обеспечения

электробезопасности. В данном помещении присутствуют только электроустановки напряжением до 1кВ. По электробезопасности помещение относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18—20°, с влажностью 40—50%) [13].

Большинство специалистов и исследователей в области электробезопасности указывают на термические, электролитические, механические, биологические действия, которые производит электрический ток, проходя через организм человека.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ являются защитное заземление, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения. Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. Периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности [14].

6.7. Экологическая безопасность работы

Состояние экологической безопасности работы контролируется региональными органами санитарно-эпидемиологического надзора и экологической экспертизы. Охрана атмосферного воздуха включает выполнение требований по предельно допустимым концентрациям (ПДК) вредных веществ в атмосфере воздуха территории корпусов. Величины ПДК принимаются согласно [7] в зависимости от места, для которого определяется концентрация веществ.

Согласно [8] уровень шума на территории корпусов не должен превышать 60 дБА и согласно [9] уровень шума на территории, непосредственно прилегающей к зоне жилой застройки, - 45 дБА. Для обеспечения требований по уровню шума должны предусматриваться необходимые устройства шумоглушения, либо корпуса должны размещаться на соответствующем расстоянии от зоны жилой застройки.

Основными источниками загрязнения гидросферы являются сбрасываемые сточные воды. Загрязнение воды обуславливает подавление функций экосистем, замедляет естественные процессы биологической очистки пресных вод, а также способствует изменению химического состава пищи и организма человека. Гигиенические и технические требования к источникам водоснабжения и правила их выбора в интересах здоровья населения регламентируются документами.

Твердые отходы, появляющиеся в результате монтажа, наладки и ввода в работу оборудования, ремонтов (части кабелей, изоляции, неисправные крепежные изделия), неподдающееся ремонту оборудование, непригодные для дальнейшего использования порошки, бытовой мусор, лом черных и цветных металлов согласно [4] удаляются в мусорные контейнеры, установленные возле корпусов, а затем вывозятся мусоровозным транспортом на полигон. Нормирование химического загрязнения почв проводится по предельно допустимым концентрациям ПДК в соответствии с [10].

6.8. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Пожарная безопасность

Чрезвычайно высокие потоки негативных воздействий создают чрезвычайные ситуации (ЧС), которые изменяют допустимое состояние среды обитания и переводят жизнедеятельность в условия высокой травмоопасности или гибели. При ЧС на первое место выходят задачи защиты от высоких уровней негативного воздействия, ликвидации последствий, реабилитации пострадавших и восстановления повседневной жизнедеятельности.

Одним из наиболее распространенных и опасных видов ЧС является пожар. Пожаром называется неконтролируемое горение вне специального очага. Пожары причиняют значительный материальный ущерб, в ряде случаев вызывают тяжелые травмы и гибель людей. основополагающими законодательными актами в области пожарной безопасности являются

Федеральные законы "О пожарной безопасности" и "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" определяющие общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации [15, 16].

Как известно для возникновения пожара или взрыва необходим источник воспламенения. Наиболее распространенными являются источники электрического происхождения. Устойчивость функционирования объекта при возникновении пожара зависит от огнестойкости элементов оборудования и зданий, от их конструктивной и функциональной пожарной опасности, от наличия на объекте средств локализации и тушения пожаров и возможностей их своевременного применения. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности регламентирует классификацию зданий по степени огнестойкости, конструктивной и функциональной пожарной опасности.

Учебные заведения относятся к классу Ф 4.1. По пожарной опасности помещение и здание возможно отнести к классу Д, т.е. к помещениям, в которых находятся (обращаются) негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

К основным видам техники, предназначенной для защиты различных объектов от пожаров, относятся средства сигнализации и пожаротушения. В 8 корпусе предусмотрена электрическая пожарная сигнализация. Она должна быстро и точно сообщать о пожаре с указанием места его возникновения. Сигнализация обеспечивает также автоматический ввод в действие предусмотренных на объекте средств пожаротушения и дымоудаления.

Наиболее широко применяемым средством тушения является вода. Для этого в 8 корпусе существуют пожарные краны. В качестве первичных средств пожаротушения используют огнетушители. В качестве огнетушителей в корпусе распространены огнетушители углекислотные ОУ-5. Преимущества углекислотных огнетушителей: эффективность тушения жидких и газообразных веществ и электроустановок под напряжением до

1000 В; отсутствие следов тушения; диапазон рабочих температур от -40°C до +50 °.

Важную роль при возникновении ЧС играет успешная эвакуация людей. Для чёткого обозначения пути эвакуации, эвакуационных выходов, обеспечивающих безопасность процесса организованного самостоятельного движения людей из помещений, указания расположения пожарного оборудования и средств оповещения о пожаре и напоминания о первоочередных действиях при пожаре применяется план эвакуации. Разработка плана эвакуации людей в случае пожара, инструкции к нему, устройство системы оповещения людей о пожаре в школах, а также назначение лиц имеющих право на её включение регламентированы п.п. 16,17,102 ППБ 01-03 [17]. План эвакуации для правого крыла второго этажа восьмого корпуса, в где находится рассматриваемое помещение, изображенное на рисунке 6.3.

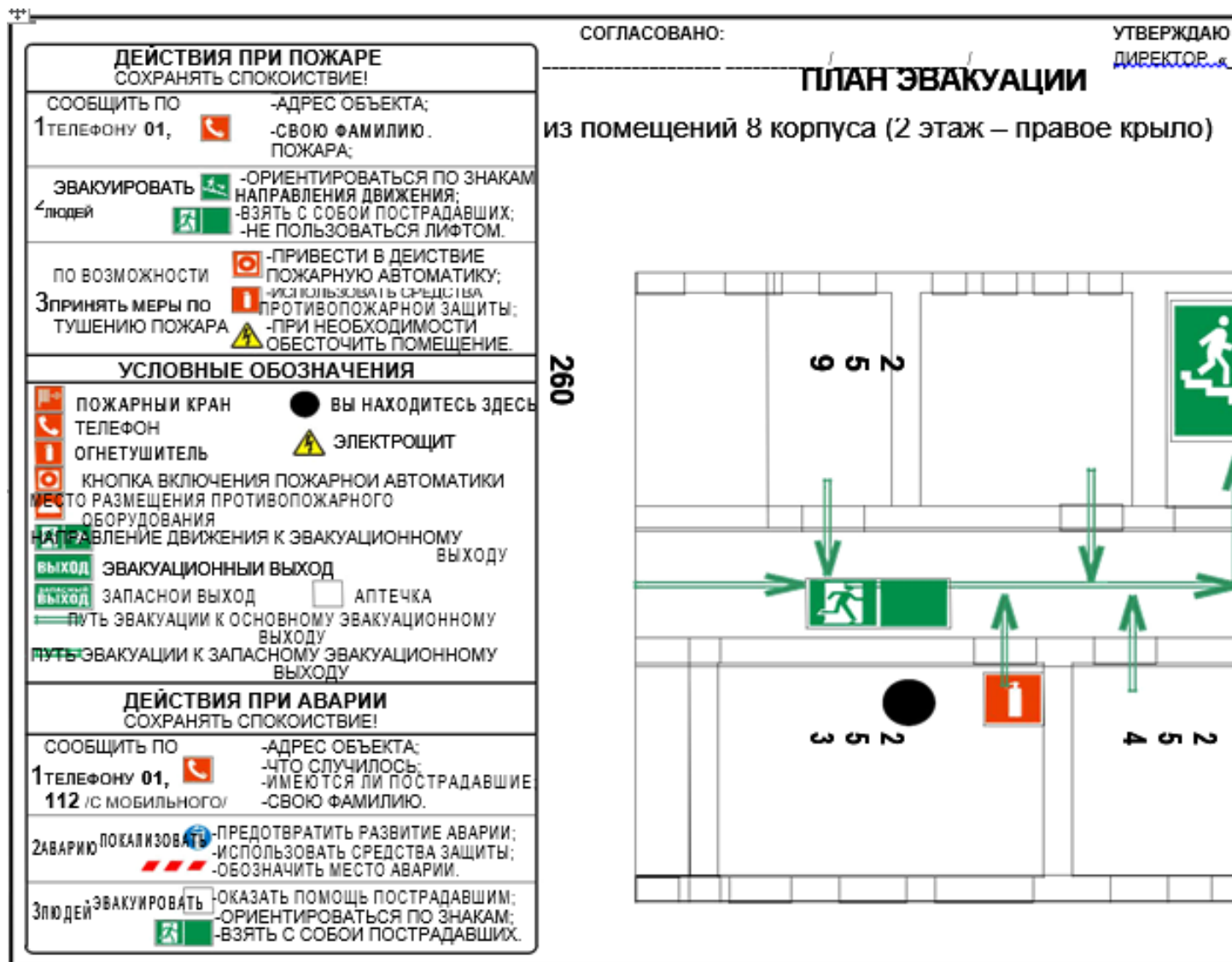


Рисунок 6.3 – План эвакуации

6.9. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Безопасность в любой сфере жизнедеятельности является объектом правового регулирования и правовой защиты. Безопасность регламентируется множеством законов, кодексов, постановлений и иных нормативных правовых актов, в том числе и международных. Все они базируются на Конституции России и корректируются в соответствии с действующей в настоящее время Стратегией национальной безопасности до 2020 года.

Руководящим федеральным органом исполнительной власти управляющим охраной труда является министерство труда и социальной защиты Российской Федерации (Минтруд России). Оно осуществляет функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере демографии, труда, уровня жизни и доходов, оплаты труда, пенсионного обеспечения, включая негосударственное пенсионное обеспечение, социального страхования, условий и охраны труда, социальной защиты и социального обслуживания населения, а также по управлению государственным имуществом и оказанию государственных услуг в установленной сфере деятельности.

Помимо Конституции РФ другими источниками права в области обеспечения безопасности жизнедеятельности в техносфере являются:

- федеральные законы;
- указы Президента Российской Федерации;
- постановления Правительства Российской Федерации;
- приказы, директивы, инструкции, наставления и другие нормативные акты министерств и ведомств;
- правовые акты субъектов Российской Федерации и муниципальных образований (указы, постановления):

- приказы (распоряжения) руководителей организаций (учреждений, объектов).

Разработкой документации в области обеспечения безопасности жизнедеятельности занимаются следующие органы:

- гигиенические нормативы (ГН), санитарные нормы (СН), санитарные правила (СП) - Министерство труда Российской Федерации (Минтруд России);

- санитарные правила и нормы (СанПиНы) - Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Роспотребнадзор);

- государственные стандарты (ГОСТ) - Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт);

- строительные нормы и правила (СНиП) - Министерство экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России);

- на уровне отраслей разрабатываются ГОСТы, правила и т.д.

Также ряд функций возложено на Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России), Федеральную службу по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор) и специально уполномоченные органы управления по отдельным направлениям обеспечения безопасности жизнедеятельности в техносфере.

Надзором за соблюдением рассматриваемых законов занимается Генеральный прокурор РФ и местные органы прокуратуры. Также вопросами соблюдения законодательства по безопасности труда занимаются профсоюзы РФ. Для осуществления этого контроля в организации создаются службы охраны труда (ОТ), которые совместно с профсоюзом проверяют состояние производственных условий для работающих, проверяют выполнение подразделениями обязанностей в области охраны труда. Лица, которые

осуществляют данные контроль, назначаются приказом по административному подразделению. Руководитель организации несет ответственность за безопасность труда во всех подразделениях.

В задачи службы охраны труда входят [17]:

1. Организация работы по обеспечению выполнения работниками требований охраны труда;
2. Контроль за соблюдением работниками законов и иных нормативных правовых актов по охране труда, коллективного договора, соглашения по охране труда, других локальных нормативных правовых актов предприятия;
3. Организация профилактической работы по предупреждению производственного травматизма, профессиональных заболеваний и заболеваний, обусловленных производственными факторами, а также работы по улучшению условий труда;
4. Информирование и консультирование работников предприятия, в том числе его руководителя, по вопросам охраны труда;
5. Изучение и распространение передового опыта по охране труда, пропаганда вопросов охраны труда.

Службой охраны труда при участии комитетов профсоюзов разрабатываются инструкции по безопасности труда, которые учитывают специфику работы для различных специальностей. Ими же проводятся инструктажи и обучение правилам техники безопасности работающего персонала.

Различают следующие виды инструктажа:

- вводный – проводится со всеми рабочими до приема на работу;
- первичный на рабочем месте – проводится непосредственно руководителем работ перед допуском к работе и сопровождается показом безопасных приемов работ;

- повторный – проводится не реже чем раз в шесть месяцев с целью восстановления в памяти рабочего инструкции по охране труда, а также разбора нарушений из практики предприятия;
- внеплановый – проводятся в случае изменения правил по охране труда, технологического процесса, нарушения работниками правил техники безопасности, при несчастном случае, при перерывах в работе
- для работ, к которым предъявляются дополнительные требования безопасности труда, – более чем на 30 календарных дней, для остальных работ – 60 дней.
- текущий – проводятся для работников, которые оформляют наряд-допуск на определенные виды работ.

В организации заводятся специальные журналы, в которые вносят результаты всех видов инструктажа. За нарушение всех видов законодательства по безопасности жизнедеятельности предусматриваются в зависимости от тяжести нарушения дисциплинарная, административная уголовная либо материальная ответственности.

Трудовые отношения регулируются трудовым кодексом (ТК). Статьи 2-4 ТК устанавливают основные трудовые права работников, в соответствии с Декларацией прав и свобод человека и Конституцией РФ. В соответствии со статьей № 209 Трудового Кодекса Российской Федерации, рабочее место – это место, где работник должен находиться или куда ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности рассматривались в соответствии следующим нормативным документам:

Заключение шестому по разделу

В ходе разработки настоящей главы диссертации была описана рабочая зона, выявлены опасные и вредные производственные факторы, а также предложены меры по ограничению их воздействия. Определены наиболее вероятные чрезвычайные ситуации, разработаны меры по предупреждению данных ситуаций, описаны порядок действий при их возникновении. Рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Заключение

В ходе работы была смоделирована энергосистема Киргизии в программном комплексе «RastrWin». В программном комплексе ПК «Mustang» произведено «утяжеление». Произведен анализ статической устойчивости энергосистемы в ходе, которого определено место и способ воздействия по увеличению статической устойчивости.

Для обеспечения статической устойчивости энергосистемы Киргизии выбрали FACTS – устройство – управляемый шунтирующий реактор комбинированный с конденсаторными батареями. Произведено исследование эффективности применения УШР для повышения её статической устойчивости относительно традиционных технологий – конденсаторных батарей.

Проведенное исследование показывает что, повышение статической устойчивости исследуемой энергосистемы обеспечивается всеми рассмотренными способами, однако по результатам оценки коэффициента запаса статической устойчивости показатели применения УШР являются эффективнее КБ увеличивая статическую устойчивость энергосистемы по слабой связи на 18% тогда как применение КБ повышает на 5%.

Устройство УШР позволяет:

- Повысить статическую и динамическую устойчивость ЭС
- Решить ряд проблем связанных с компенсацией реактивной мощности и перепадов напряжения, потерями и перетоками мощности.
- Повысить управляемости режимов работы энергосистемы .

Данная исследовательская работа носит учебно-исследовательский характер и далека от адекватной модели реальной энергосистемы Киргизии.

Список литературы

1. Методические указания по устойчивости энергосистем – М.:
Утверждены Приказом Минэнерго России От 30.06.2003 № 277.
2. <http://www.energo.kg/newsA.php?st=1452591300>
3. Гологорский Е.Г., Кравцов А.Н., Узелков Б.М. Справочник по
строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением
0,4–500 кВ. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 344 с.
4. Крюков К.П., Новгородцев Б.П. Конструкции и механический расчет
линий электропередачи. – Л.: Ленинградское отделение «Энергия»,
1979. – 312 с.
5. Карапетян И.Г., Файбисович Д.Л., Шапиро И.М. Справочник по
проектированию электрических сетей // под ред. Файбисовича Д.Л. –
М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 352 с.
6. Неклепаев Б.Н., Электрическая часть электростанций и подстанций:
Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. –
М.: Энергоатомиздат, 1989. - 608 с.
7. Бурман А.П., Розанов Ю.К., Шакарян Ю.Г. Перспективы применения в
ЕЭС России гибких (управляемых) систем электропередачи
переменного тока // Электротехника, 2004. № 8. С. 30 – 36.
8. Методические рекомендации по проектированию развития
энергосистем. М. 2003 г. Утверждены Минэнерго России.
9. Методические указания по устойчивости энергосистем. М. 2003 г.
Утверждены Минэнерго России.
10. Мисриханов М.Ш., Ситников В.Ф. Модальный синтез регуляторов
энергосистемы на основе устройств FACTS // Электротехника, 2007. №
10.
11. Мисриханов М.Ш., Ситников В.Ф. Опыт внедрения технологии FACTS
за рубежом // Энергохозяйство за рубежом. 2007. № 2, 3.

12. Мисриханов М.Ш., Рябченко В.Н., Ситников В.Ф. Проблемы и задачи по внедрению технологии FACTS в магистральные электрические сети Труды НТК «Консолидация усилий электроэнергетики и электротехники в условиях роста инвестиций. Перспективные технологии и электрооборудование», 2008.
13. Хрущев Ю.В. Методы расчета устойчивости энергосистем. Учебное пособие. Томск: СТУ, 2005. – 176 с.
14. Управляемые шунтирующие реакторы – Запорожтрансформатор . [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://forca.ru/spravka/kondensatory-reaktory/upravlyaemye-shuntiruyuschie-reaktory-zaporozhtransformator.html>
15. Журнал №5(11) май 2007. Рекламно-информационный журнал «Электротехнический рынок». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://market.elec.ru/nomer/10/>
16. Электроэнергетика глазами молодежи. Сборник докладов всероссийской научно-технической конференции 17-19 ноября 2010. Екатеринбург. Т1. – 767 с.
17. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 192 с.
18. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности / Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. – М.: Высшая школа, 2007. – 616 с.
19. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 12 с.
20. Люминесцентные лампы стандартной цветопередачи T8 G13, диаметр 26 мм. – Электронный ресурс: <http://svetgrupp.ru/catalog/30/11957>.
21. WRS/S. Светильники с белой экранирующей решеткой. – Электронный ресурс: <http://www.ltcompany.com/model.php?id=138>.

22. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение". Утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78.
23. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Минздрав России, Москва. – 2003.
24. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Минздрав России, Москва. – 1996.
25. Новиков С.Г., Маслова Т.Н., Копылова Л.Н. Безопасность жизнедеятельности. Учебно-методический комплекс. Электронный учебник. <http://ftemk.mpei.ac.ru/bgd/>.
26. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Минздрав России, Москва. – 1997.
27. ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. Издательство стандартов, Москва. – 1984.
28. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах требования к проведению контроля. Издательство стандартов, Москва. – 1984.
29. ГОСТ 12.1.045-84. Система стандартов безопасности труда. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Издательство стандартов, Москва. – 1984.
30. Правила устройства электроустановок. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.
31. Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 12.03.2014) "О пожарной безопасности".
32. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

33. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации.
Государственная противопожарная служба, Москва. – 2003.

Приложение А

Study of the effectiveness of the implementation of the flexible control systems to improve the sustainability of the energy system of Kyrgyzstan

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM5Г	Самарбеков Бекжанар Самарбекович		

Консультант кафедры электрических сетей и электротехники (ЭСиЭ):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор каф. ЭСиЭ	Хрущев Юрий Васильевич	д.т.н., профессор		

Консультант – лингвист кафедры иностранных языков энергетического института (ИЯЭИ):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ИЯЭИ	Лемская Валерия Михайловна	к.ф.н., доцент		

1. Introduction

Introduction at all times, the task of ensuring the sustainability of energy systems has been a hot topic, and depending on the specifics of the power grid, depending on the complexity of building energy systems, the nature of the consumption of electricity and various variants to ensure sufficient stability of the power system, resulting, thereby improving system reliability inherent in different modes of power grid.

The sustainability of the energy system is understood to be the ability to support parallel work in the power system of the synchronous engines of generators in cases of large and small perturbations caused by emergency or repair switches and the occurrence of short circuits in the grid.

The ability of an electricity system to return to its original state, or close to its original state after small perturbations called the static stability of the power system. The ability of an electricity system to ensure stability when the big fluctuations are called dynamic stability.

The ability of the power system to return to its original state, or close to its original condition after minor perturbations, is known as static system resilience. The ability of the power system to withstand large fluctuations is referred to as dynamic resilience.

The Kyrgyzstan power system, according to the «НЭС КЫРГЫЗСТАН» press service, has seen an increase in capacity consumption, resulting in a situation of congestion in the Republic: a 220, 110 kv; Power transformers up to 20 per cent on substations in the north of Kyrgyzstan, reduction of the voltage level to the value of the emergency values.

To date, maintaining a level of voltage in station of Bishkek TPP by adjusting the transformer TAP already depleted. exhausted just maintaining the sustainability of energy systems in case of further growth of consumption capacity by Circuit-mode changes.

The purpose of dissertations work is to study the effectiveness of flexible management systems to improve the sustainability of the Kyrgyzstan energy system. Under the understanding of increased resilience, we will be investigating the increase in static stability of the system.

Flexible AC power Transmission systems (fact-flexible AC transmission systems) are an electronic system and associated equipment capable of controlling one or more of the parameters of the transmission line to increase its control, reliability and bandwidth. The main objective of the fact technology is to achieve a scientific and technological breakthrough in the electricity sector in order to improve the management of power flows on the network, both in established and in transitional modes of EPS.

5. 1. General characteristics of the energy system of Kyrgyzstan

Kyrgyzstan is located within the mountain range Tyan-Shan and Pamir-Alai Mountains, which occupies more than 80% of the country's territory. Most of the country lies in the temperate zone, and only its southern districts are located in the zone of the subtropics. The climate is continental, with relatively low levels of precipitation, as well as with wide fluctuations in temperature throughout the year. In the North borders with Kazakhstan, Uzbekistan to the West, South-West and with Tajikistan in the East and South-East of China. More than $\frac{3}{4}$ of the Republic's territory form the mountains. [4] the Kyrgyz Republic is among the States, secured energy resources, but is a net importer of oil, gas and coal part. Potential hydropower resources, is from 140 to 160 billion. kWh per year and is the basis of hydropower. Water stocks Kyrgyzstan is in third place in Asia after Russia and Tajikistan. On the abounding River in Republic-rivers.

There are 18 electric power stations with a installed capacity of 3786 MW, including 16 hydro and 2 thermal power plants. More than 10,000 are being exploited. KM of high voltage transmission lines 35-500 kv passing through high terrain with a heavy climate up to 200 m above sea level. More than 70,000 KM of

distribution networks 10-0.4 Sq, 518 units of substations 35 kv and above. The maximum annual power generation capability is up to 14 billion. kwh.

The power system of Kyrgyzstan is an integral part of the interregional intergrids of Central Asia, integrated with the electricity networks of Tajikistan, Uzbekistan, Turkmenistan and southern Kazakhstan. It is possible to export electricity to neighbouring countries with a prospect of up to 3.0 billion. kwh on backbone networks 220-500 kV.

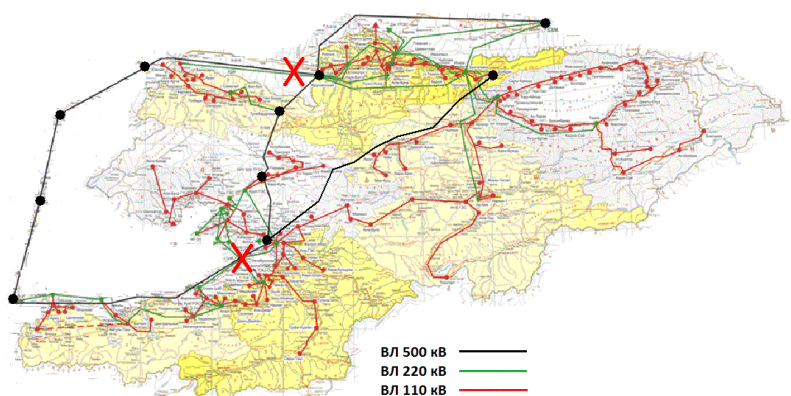


Figure 1. Diagram of the energy system of Kyrgyzstan

Through the backbone networks of Kazakhstan there is an access to the power system of the Russian Federation.

Feature of Kyrgyz electricity system is that more than 90% of the generating capacity is located in the South of the Republic, and 70% of consumption in the North. Power transmission to the North of the Republic carried out on 500 kV transmission lines of Toktogul HYDROELECTRIC POWER STATION-PS and PS Frunzenskaya Datka-Kemin PS.

The South includes-Jalal-Abad, OSH and Batken oblast and is redundant. Issuance of large hydraulic power South of the Kyrgyz Republic-Toktogul HPS, Sajskaja HPS-Kurp, Tash-Kumyr hydro, Shamaldy-Sajskaja HYDROELECTRIC POWER STATION.

North includes-Chui, Talassskuju, Naryn and yssyk-Kul oblast and is scarce. Covering deficits of the North is carried out from our own stations-at-Bashi

GES, TEC, Bishkek and receiving power from the southern zone of Kazakhstan on 220 500 networks. [6]



Figure 2 - The location of the HYDROPOWER STATIONS in Kyrgyzstan

6. 1.1. Structural construction of the Kyrgyzstan system

Electric power company of the Kyrgyz Republic divided by types of activities:

- production of electric energy, mainly implemented the largest company-electric power plants. The company consists of 7-HES (Toktogul, Kurpsajskaja, Tash-Kumyr, Shamaldy-Sajskaja, Uch-Kurgan and Al-Bashinsjakaja HYDROELECTRIC POWER STATION) located in the Naryn River and forming 4 cascade, with total installed capacity of 2 MW, 3030-CHP (Bishkek and Osh CHPP), 716 MW of installed capacity. located in the cities of Bishkek and OSH. Annually the company is developing from 12 up to 14 billion. kWh of electricity for domestic and foreign consumers. The total power generated in the country is shown in table 1.

Table 1- power generation of Kyrgyzstan

Name	Year of entry	Installed power, MW	Operating power, Mw
Toktogul Hydro	1975	1200	1200
Kurpsajskaja Hydro	1981	800	800
Tashkumyrskaja Hydro		450	450
Tashkumyrskaja Hydro	1985	240	240
Uchkuoganskaja Hydro	1994	180	175
Kambarata-2 HYDROPOWER PLANT	1961	120	90
Osh CHP	2010	50	0
Total South	1966	3040	2955
Bishkek TPP		666	250
At-Bashi GES	1961	40	38
Small Hydro-12 units	1970	40	24,4
the results of the North	1949-1960	746	312,4
Total		3786	3268

• Transfer of electric energy is provided by JSC "National electric network of Kyrgyzstan» (hereinafter-OJSC" RV ") in the direction of the South and the North on high-voltage 110-500 kV backbone networks route which passes through

hard-to-reach mountain areas with difficult climatic conditions at altitudes from 500 to 2000 meters above sea level on distance total length more 6.646 thousand km.

Table 2-Property complex of OAO NES Kyrgyzstan

№	Name of indicators	Unit of Measure	total JSC "National Electric Network of Kyrgyzstan"
1	The number and power of the 110-500 kV substations, including:	Unit/MBA	191/8915
	500 kV	Unit/MBA	2/1829
	220 kV	Unit/MBA	14/2943
	110 kV	Unit/MBA	175/2953
2	Autotransformers:	Unit	27
	500 kV	Unit	3
	220 kV	Unit	24
3	110-500 kV line:	Km	6646
	500 kV	Km	541
	220 kV	Km	1748
	110 kV	Km	4357
4	Consumption Winter (max)/summer (max)	MW	2900/1260
5	Installed power	MW	3626
6	Reactors	Unit/MW	3/540
7	Synchronous compensators	Unit/MW	3/62
8	Capacitor battery	Unit/MW	29/189

·The distribution of electrical power in 35 kv and below to the final consumer is performed by four regional electric distribution companies:

- (1) OAO Severelectro;
- (2) OAO Vostokelektro;

- 3) OAO "Oshjelektro";
- 4) JSC "Dzhalalabadjelektro". The major equipment of the four distribution companies consists of a distribution network of 0.4-6-10 kv with lines of 50700 km and a substation 6-10/0.4 kv in the number of 23 689 units. [6]

7. 1.2. the problem and prospect of development of power system

Since independence, there has been a tendency in Kyrgyzstan electricity consumption changes in the structure of consumers, namely, to reduce energy consumption in industry and agriculture with simultaneous growth in domestic, socio-cultural and non-industrial sectors. The dynamics of consumption of electricity in Kyrgyzstan for postreformennye years clearly reflects the trend towards growth in electricity consumption in the domestic market. At the same time, due to low electricity rates, compared to other energy sources (coal, oil, natural gas), the price of which has varied in line with global trends, consumption patterns have changed (increased consumption of the population), and as a result when a period of decreased power export and difficulties in ensuring consumers of electricity, resulting in 2008-2009 Gg. forced limitation of power supply enterprises and population.

According to the NES Kyrgyzstan press service, in the case of the Bishkek Energy site, consumption at the authorized 580 MW reached 740 MW. The power over 50 MW is systematically repeated in the Issyk-Kul Issyk-Kul region.

The situation is complex in the 220/110 KV networks participating in the electricity supply of Bishkek. Power transformers are overloaded between 8 and 20 per cent in 9 substations and in the CHP of Bishkek, as well as the reduction of the voltage level to the emergency value.

At present, the possibilities of removing the transports from the above facilities through network changes have already been exhausted. If measures are not taken to control consumption, there may be emergency situations involving the breakdown of costly energy systems.

This situation is beginning to emerge in the south of the country. There are overloads on power transformers. [5]

According to NES Kyrgyzstan, consumption for the Republic in 2009-2015 years was characterized by the following data shown in table 3.

Table 3-Power consumption trends in 2009-2015 years.

Years	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Consumption by Republic, MW	2324	2533	2936	3035	3004	3139	2893
North, MW	1465	1663	1881	1977	1958	2045	1949
South, MW	859	870	1055	1058	1046	1094	944

When you translate the figures in this table into a graphic:

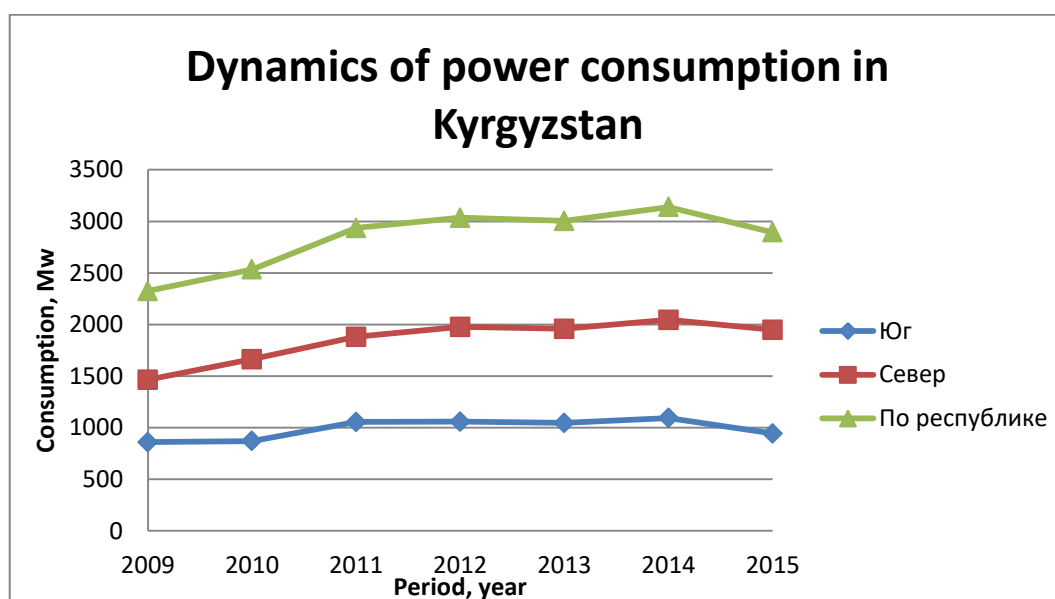


Figure 2-Power consumption in 2009 -2015 years

In 2014 year electricity consumption exceeds generation volumes in Kyrgyzstan and Republic moved into the category of most energy deficient countries.

To resolve the problem and further energy development in Kyrgyzstan, the following measures are taken:

- 1) modernization of Toktogul hydroelectric station in the course of which the total power emitted power will rise from 1200 Mw DL 1440 MW;
- 2) modernization of Bishkek TPP with the increase of the maximum continuous power capacity with 812 MW to 512 MW;

New capacity and modernizing the structure of electric power industry of Kyrgyzstan will solve the existing problem of insufficient capacity in the power grid, enhance the reliability and quality of electricity for the whole country. Surplus power produced will be exported to neighbouring States.

Also make use of new technologies to increase power system characteristics in General. As such technologies in the WRC applicable study of flexible control systems (FACTS-technology) and their impact on the sustainability of the energy system of Kyrgyzstan, which will be dealt with in the following chapters.³⁾ completion of construction of Kambarata-2 HYDROPOWER PLANT, which will generate 360 MW of power;

4) CASA-1000 project promotion in which the energy system of Kyrgyzstan will become part of the unified energy system and be able to export electricity to countries such as Tajikistan, Afghanistan, India, Pakistan.

8. 1.3. FACTS-technology. Influence on power system

Flexible AC power Transmission systems (fact-flexible AC transmission systems) are an electronic system and associated equipment capable of controlling one or more of the parameters of the transmission line to increase its control, reliability and bandwidth. [3]

The main objective of the fact technology is to achieve a scientific and technological breakthrough in the electricity sector in order to improve the management of power flows on the network in both established and transitional modes of EPS.

Fact is one of the most promising electrical network technologies that allows an electric power network from a passive energy transport device to be turned into a device that actively participates in the management of electrical networks.

The fact devices allow for:

- Transmission capacity up to a permissible heat limit for the heating of transmission wires;

- Enforce the distribution of power in a complex heterogeneous network as required by the dispatcher;

- Reduce losses in electrical networks
- To ensure the sustainable operation of the system with various disturbances;
- Improve the reliability of consumer energy savings.

At present, the Russian Federation has adopted a list of terms and concepts on fact technology and devices and has defined their conformity with foreign terminology. The names of the devices and their abbreviations in English and Russian are shown in table 4.

Table 4.

Наименование (русский)	Аббревиатура (русский)	Наименование (английский)	Аббревиатура (английский)
Статический тиристорный компенсатор реактивной мощности	СТК	Static VAR Compensator	SVC
Тиристорно-реакторная группа (управляемые тиристорами реакторы)	ТРГ	Thyristor controlled reactor	TCR
Реакторы, переключаемые тиристорами	ТКР	Thyristor switched reactor	TSR
Статический компенсатор реактивной мощности на базе преобразователя напряжения	СТАТКОМ	Synchronous static compensator	STATCOM
Управляемый шунтирующий реактор с подмагничиванием	УШР	Magnetically controlled shunt reactor	MCSR
Реакторные группы, коммутируемые выключателями	КРГ (ВРГ)	Circuit Breaker switched reactor	BSR
Асинхронизированный синхронный компенсатор	АСК	Asynchronized synchronous condenser	ASC
Неуправляемое устройство продольной компенсации	УПК	Series capacitor	SC
Плавно регулируемое тиристорное устройство последовательной компенсации (при этом тиристоры регулируют ток через реакторы, включенные параллельно конденсаторам)	УУПК	Thyristor controlled series capacitor	TCSC
Ступенчато-регулируемое тиристорами устройство последовательной компенсации с конденсаторами	ТППК	Thyristor Switched Series Capacitor	TSSC

Устройство последовательной компенсации на основе тиристорно-реакторной группы	ТПР	Thyristor controlled series reactor	TCSR
Последовательный статический компенсатор реактивной мощности на базе преобразователя напряжения	ПСТАТКОМ	Static Series Synchronous Compensator	SSSC
Объединенный (параллельно-последовательный) регулятор потоков мощности	ОРПМ	Unified Power Flow Controller	UPFC
Статический фазовращатель - общее название для устройств поворота фазы в линии с применением силовой электроники	СФВ	Static Phase Shifter	SPS
Фазоповоротный трансформатор, управляемый тиристорами	ФПУ	Thyristor Controlled Phase Shifting Transformer	TCPST
Асинхронизированный синхронный электрохимический преобразователь частоты	АС ЭМПЧ	Asynchronized Electromechanical Frequency Converter	AEFC
Вставка постоянного тока на полностью управляемых приборах силовой электроники	ВПТН	Back – to- back voltage sourced converters	BtB VSC

Consider the possible classifications of fact devices. Fact devices are classified by: type (static and electric);

- Types of power keys (thyristor traditional or fully managed semiconductor appliances);
- The principle of regulation (scalar or vector);
- Generations (as devices appear);
- How to integrate into the network.

To the first-generation fact devices where traditional thyristor or switches were used as the switching key, are devices that provide for the regulation of voltage or reactive power and provide the required degree of compensation for reactive power in electrical networks (static reactive power compensatory, thyristor control reactor, stationary serial capacitor with thyristor control).

The second-generation fact devices are the devices that regulate the mode parameters on a fully managed force.

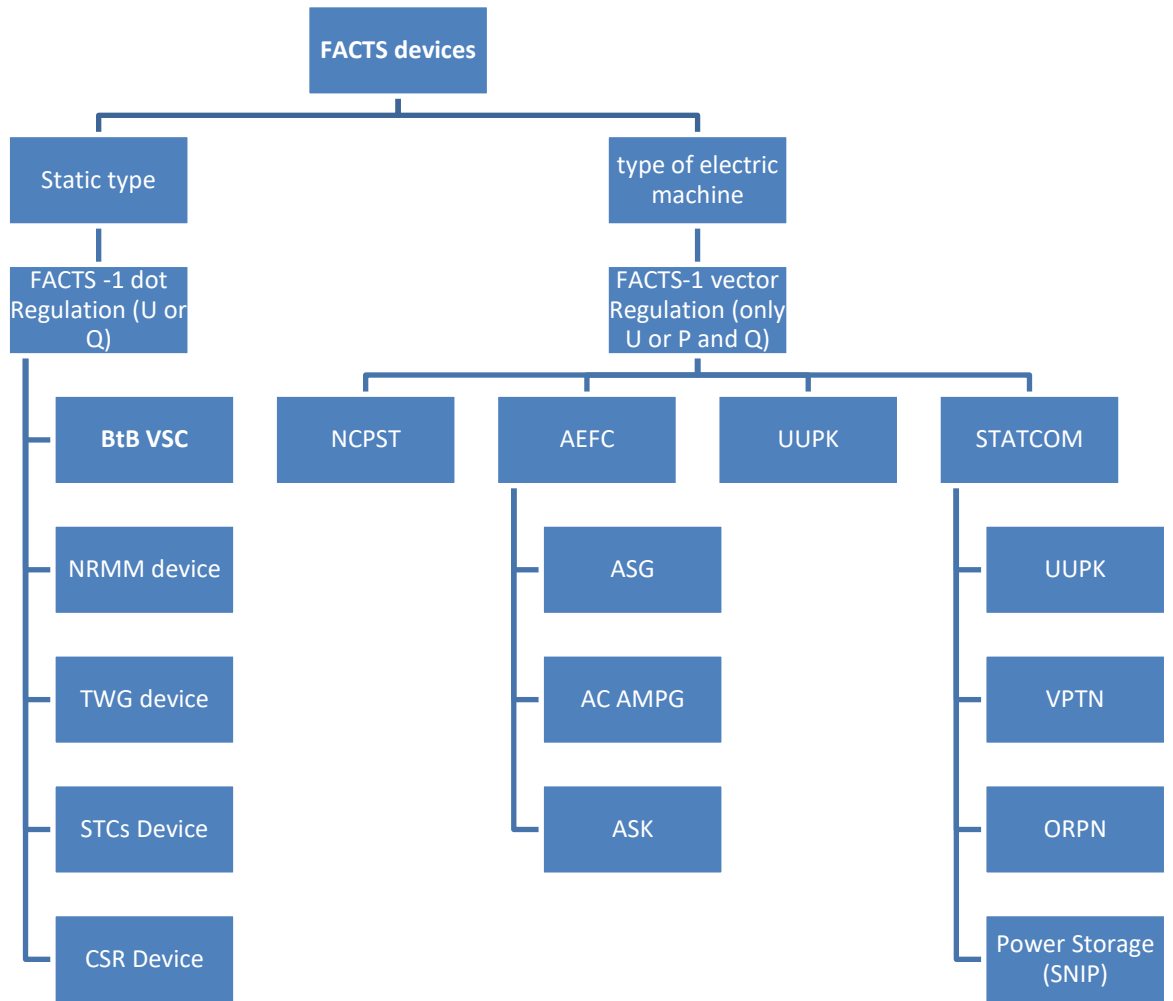


Figure 3 - Classification of fact devices

Managed shunt Reactors (CSR) are electromagnetic reactors, which can be managed in a smooth way by the automatic control system, which allows for stabilization of the voltage on high-capacity air lines. In combination with condenser batteries that are included in parallel, CSR are analogous to static thyristored compensators (STCs), allowing for the maintenance of line tensions in both small and large loads.

Reactors are intended for use in the air Lines of traditional design and improved subsistence power, in distribution networks and in electricity supply

systems of industrial enterprises. As a means of automatic regulation of reactive power, they are used to manage the regimes of electric power systems to meet the following objectives: to compensate for the excess power of the transmission system and to increase their capacity; Restriction of the switching voltages; Limiting the short circuit reduction of voltage fluctuations; Rational distribution of voltage and current.

The scope of managed reactors extends (but is not limited to) the following types of electrical networks:

- network with rezkoperemennym schedule loads;
- network with threadbare switch and transformer equipment, which is often used to regulate the voltage levels;
- Network formed long transits, have a tendency to frequent change in magnitude and/or direction power flows;
- Network supplying consumers with higher requirements for voltage stability;
- Network with high losses;
- network operating mode which does not allow for a valid load reactive power generators.

Rich functionality USHR provide expediency of their application to different grades of tension. When this effect can manifest itself as a local district level consumer networks and in addressing the priorities of the national energy system as a whole.

In conditions of market relations in the electricity sector and increasing investments in the development of electrical networks, CSR offer a number of significant benefits to all businesses:

- at the level of the transmission and distribution electric networks CSR provides a significant reduction of energy losses and consequent increased profit system operator and distribution companies;
- electricity at the consumer level CSR are established with the purpose of reducing the payment for the consumption of reactive power (maintenance of $\cos(\varphi)$), provide the required voltage quality at the end consumers, as well as the necessary network connectivity of new capacities.

